

# **Terminál pro sledování a analýzu analogových, impulsních a digitálních signálů vozidla Škoda Octavia III se zážehovým motorem**

Terminal for monitoring and analysis of analog, pulse and digital signals of the Škoda Octavia III with a petrol engine

**Tomáš Žůrovec**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Petr Šimoník, Ph.D.

Ostrava, 2020/2021

## **Prohlášení**

Potvrzuji tímto, odevzdání své digitální kvalifikační práce. Prohlašuji, že jsem tuto kvalifikační práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

## Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá terminálem pro sledování a analýzu analogových, impulsních a digitálních signálů vozidla Škoda Octavia III se zážehovým motorem. Práce popisuje v teoretické části analýzu elektronického řízení konkrétního zážehového motoru. Jsou popsány všechny důležité procesy a systémy řízení daného spalovacího motoru. Důraz byl kladen především na popis použitých snímačů, čidel požadovaných hodnot a akčních členů.

Dále byl proveden návrh a realizace měřicího terminálu pro sběr signálu a řídících napětí ze snímačů, čidel požadovaných hodnot a akčních členů. Poté budou doloženy průběhy z osciloskopu. Na základě těchto průběhů jsou detailně popsány vlastnosti konkrétních prvků, zejména se zaměřím na vykreslení přechodových a převodních charakteristik.

Výsledkem této práce je zpracování vzorové laboratorní úlohy na měřicím terminálu.

## Klíčová slova

Škoda Octavia; řízení zážehového motoru; snímač; čidlo požadovaných hodnot; akční člen; měřicí terminál; Hallův snímač

## Abstract

This bachelor's thesis deals with the terminal for monitoring and analyzing analog, impulse and digital signals of the Škoda Octavia III vehicle with a positive ignition engine. The thesis describes in the theoretical part the analysis of the electronic control of a particular positive ignition engine. All important processes and management systems of the internal combustion engine are described. The emphasis was mainly on the description of the sensors used, sensors of the required values and action members.

Furthermore, the design and implementation of the measuring terminal for collecting signals and control voltages from sensors, sensors of required values and actuators was carried out. After that, the course from the oscilloscope will be documented. Based on these processes, the characteristics of specific elements are described in detail, in particular with a focus on the rendering of transition and conversion characteristics.

The result of this work is the processing of a sample laboratory task on the measuring terminal.

## Keywords

Skoda Octavia; positive ignition engine control; sensor; sensor of required values; action member; measuring terminal; Hall sensor

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval panu Ing. Petru Šimoníkovi, Ph. D a Ing. Tomášovi Kleinovi za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této bakalářské práce.

# OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ .....	3
SEZNAM TABULEK .....	5
ÚVOD .....	6
1 ŠKODA OCTAVIA RS 245 .....	7
1.1 Základní parametry .....	7
2 ŘÍZENÍ ZÁŽEHOVÉHO MOTORU ŠKODA OCTAVIA RS 245 .....	9
2.1 Snímače motoru 2.0 TFSI 180 kW EA888 .....	9
2.1.1 Snímač otáček a polohy .....	9
2.1.2 Snímač klepání motoru .....	10
2.1.3 Snímač teploty motoru .....	10
2.1.4 Snímač tlaku a teploty nasávaného vzduchu před a za škrticí klapkou .....	10
2.1.5 Snímač tlaku paliva .....	11
2.1.6 Lambda regulace .....	11
2.1.7 Dvoubodová (skoková) lambda sonda .....	12
2.1.8 Širokopásmová lambda sonda .....	12
2.2 Akční členy motoru 2.0 TFSI 180 kW EA888 .....	13
2.2.1 Zapalovací modul .....	13
2.2.2 Zapalovací svíčka .....	13
2.2.3 Vyhřívání dvoubodové a širokopásmové lambda sondy .....	14
2.2.4 Škrticí klapka .....	14
2.3 Procesy a systémy elektronického řízení zážehové motoru .....	15
2.3.1 Systém plnicího vzduchu s turbodmychadlem .....	15
2.3.2 Systém vstřikování paliva a jeho části .....	16
2.3.3 Nízkotlaký obvod .....	16
2.3.4 Vysokotlaké palivové čerpadlo .....	17
2.3.5 Zásobník paliva (rail) .....	17
2.3.6 Vstřikovací ventily .....	17
2.3.7 Systém proměnného časování motoru .....	17
2.3.8 Proces zapalování .....	19
2.4 Řídící jednotka .....	19
3 NÁVR BOXU A ROZLOŽENÍ ZDÍŘEK .....	20
4 POPIS REALIZACE .....	23
4.1 Přemístění akumulátoru do zavazadlového prostoru .....	23

4.2	Zapojení měřicího terminálu .....	24
4.3	Schéma napojení měřicího terminálu .....	24
4.4	Výpis chyb ze sériové diagnostiky .....	25
5	VÝPIS SNÍMAČŮ, ČÍDEL POŽADOVANÝCH HODNOT A AKČNÍCH ČLENŮ .....	27
5.1	Seznam vyvedených snímačů a čidel požadovaných hodnot.....	27
5.2	Seznam vyvedených akčních členů.....	29
6	PROMĚŘENÍ DOSTUPNÝCH SNÍMAČŮ, AKČNÍCH ČLENŮ A ČÍDEL POŽADOVANÝCH HODNOT .....	30
6.1	Snímač klepání.....	30
6.2	Hallův snímač otáček motoru a polohy vačkových hřídeli .....	30
6.3	Snímač vysokého tlaku paliva.....	31
6.4	Snímač teploty motoru.....	31
6.5	Snímač stavu, teploty a množství oleje .....	32
6.6	Snímač plnicího tlaku se snímačem teploty, před a za škrticí klapkou .....	33
6.7	Snímač škrticí klapky.....	35
6.8	Snímač teploty výfukových plynů před a za DPF, snímač tlaku výfukových plynů.....	35
6.9	Širokopásmová a dvoubodová lambda sonda.....	38
6.10	FSI vstřikovače .....	40
6.11	Zapalovací cívky.....	41
6.12	AVS přestavovací prvek pro přestavování výfukové vačkové hřídele .....	42
6.13	Ventily nastavení sací a výfukové vačkové hřídele.....	42
6.14	Regulační ventil tlaku paliva .....	42
6.15	Ventil pro klapky v sacím potrubí.....	43
6.16	Cirkulační ventil turbodmychadla.....	45
6.17	Nastavovač obtoku turbodmychadla .....	46
7	ZÁVĚR .....	47
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	48
	SEZNAM PŘÍLOH .....	49

# SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Měřená Škoda Octavia RS 245.....	8
Obr. 2 Motor 2,0 TFSI 180kW .....	8
Obr. 3 Průběh napětí Hallova snímače otáček klikové hřídele, dlouhý pulz značí referenční mezeru ...	9
Obr. 4 Umístění a části snímače klepání .....	10
Obr. 5 Snímač tlaku a teploty nasávaného vzduchu .....	11
Obr. 6 Snímač vysokého tlaku paliva .....	11
Obr. 7 Princip funkce dvoubodové lambda sondy .....	12
Obr. 8 Princip funkce širokopásmové lambda sondy.....	13
Obr. 9 Schéma systému sání .....	14
Obr. 10 Vnitřní stavba turbodmychadla .....	15
Obr. 11 Přímé vstřikování FSI .....	16
Obr. 12 Hlava válců a její komponenty .....	18
Obr. 13 Princip funkce AVS.....	18
Obr. 14 Měřicí box a jeho rozměry.....	20
Obr. 15 Horní deska měřicího boxu s dírami pro zdířky.....	20
Obr. 16 Výsledná podoba měřicího terminálu .....	21
Obr. 17 S1 – spínač snímače klepání, S2 – spínač snímače teploty motoru.....	22
Obr. 18 Umístění boxu na původní místo umístění akumulátoru.....	22
Obr. 19 Umístění akumulátoru v zavazadlovém prostoru .....	23
Obr. 20 Blokové schéma připojení boxu do obvodu .....	25
Obr. 21 Výpis chyb ze sériové diagnostiky .....	26
Obr. 22 Průběh napětí snímače otáček klikové hřídele .....	30
Obr. 23 Průběh napětí snímače vysokého tlaku paliva .....	31
Obr. 24 Převodní charakteristika NTC snímače teploty .....	32
Obr. 25 Průběh napětí na snímači hladiny a teploty oleje za studena.....	32
Obr. 26 Průběh napětí na snímači hladiny a teploty oleje za tepla.....	33
Obr. 27 Převodní charakteristika snímače teploty oleje .....	33
Obr. 28 Snímač plnicího tlaku a teploty před škrticí klapkou.....	34
Obr. 29 Snímač plnicího tlaku se snímačem teploty za škrticí klapkou.....	34
Obr. 30 Průběh napětí na snímači polohy škrticí klapky .....	35
Obr. 31 Příklad možného rámce přenášeného přes rozhraní SENT .....	36
Obr. 32 Teplota výfukových plynů studeného motoru (22,5 °C).....	36
Obr. 33 Teplota výfukových plynů zahřátého motoru (360 °C).....	37
Obr. 34 Snímač tlaku výfukových plynů .....	38
Obr. 35 Vyhřívání širokopásmové lambda sondy.....	38
Obr. 36 Detail modulace průběhu vyhřívání širokopásmové lambda sondy .....	39
Obr. 37 Závislost čerpacího proudu na součiniteli přebytku vzduchu $\lambda$ .....	39
Obr. 38 Dynamické měření širokopásmové lambda regulace .....	40
Obr. 39 Průběh napětí na prvním vstřikovači při volnoběhu .....	40
Obr. 40 Průběh řídicího napětí na první zapalovací cívce .....	41
Obr. 41 Průběh vysokého napětí zapalovací cívky na prvním válci.....	41
Obr. 42 Průběh napětí na ventilu nastavení sací vačkové hřídele .....	42
Obr. 43 Průběh regulace tlaku paliva .....	43
Obr. 44 Průběh napětí na ventilu klapky v sacím potrubí.....	44
Obr. 45 Průběh regulačního napětí klapky v sání, v závislosti na otáčkách motoru a zatížení.....	44

Obr. 46 Průběh napětí regulace klapky v saní z osciloskopu Bosch FSA 740 .....	45
Obr. 47 Průběh napětí na cirkulačním ventilu turbodmychadla .....	45
Obr. 48 Průběh napětí a tlaku na obtokovém ventilu v závislosti na zatížení motoru .....	46
Obr. 49 Průběh napětí na obtokovém ventilu z osciloskopu Bosch FSA 740 .....	46



## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Parametry vozu Škoda Octavia RS 245 .....	7
Tab. 2 Seznám vyvedených snímačů a čidel požadovaných hodnot .....	27
Tab. 3 Seznám vyvedených akčních členů.....	29
Tab. 4 Odečtené hodnoty času SENT protokolu pro snímač teploty výfukových plynů .....	37

# ÚVOD

V automobilech dnešní doby neustále přibývá víc a víc elektronických komponentů. Některé se týkají bezpečnosti jiné komfortu řidiče a další například samotnému řízení motoru. Srdcem celého řízení je řídící jednotka, která zpracovává údaje od snímačů a na základě těchto dat se snaží pomocí akčních členů udržet motor v co možná nejefektivnějším chodu. To znamená udržet dostatečný výkon, při co možná nejmenší spotřebě a nízkých hodnotách emisí výfukových plynů.

Pokud chceme analyzovat elektronické řízení motoru, můžeme buďto sériovou diagnostikou, nebo měřicími přístroji přímo na snímačích a akčních členech. Dalším způsobem měření může být téma mé bakalářské práce, tedy měřicí terminál analogových, impulsních a digitálních signálů. Tento terminál je právě jakousi paralelní diagnostikou, pomocí které můžeme přesně sledovat aktuální dění a hodnoty na snímačích a akčních členech. Akční členy a snímače sloužící k řízení a regulaci motoru, výkonu, k ekonomickému a ekologickému provozu. Snímače jsou smyslovými orgány vozidla pro dráhu, úhel, otáčky, vibrace, tlak, průtok, koncentraci plynů a mnoho dalších veličin.

Toto zařízení bude nainstalováno na Škodu Octavii RS 245 se zážehovým motorem. Měřicí box bude umístěn do motorového prostoru místo akumulátoru, který bude přemístěn do zavazadlového prostoru.

# 1 ŠKODA OCTAVIA RS 245

K oficiálnímu zahájení sériové výroby modelu Škoda Octavia III došlo 17. prosince 2012 v továrně ŠKODA AUTO v Mladé Boleslavi. Model, kterému se bude věnováno, je nehomologovaná Octavia RS245 doposud nejsilnější sériová Octavia.

## 1.1 Základní parametry

Tab. 1 Parametry vozu Škoda Octavia RS 245 [1]

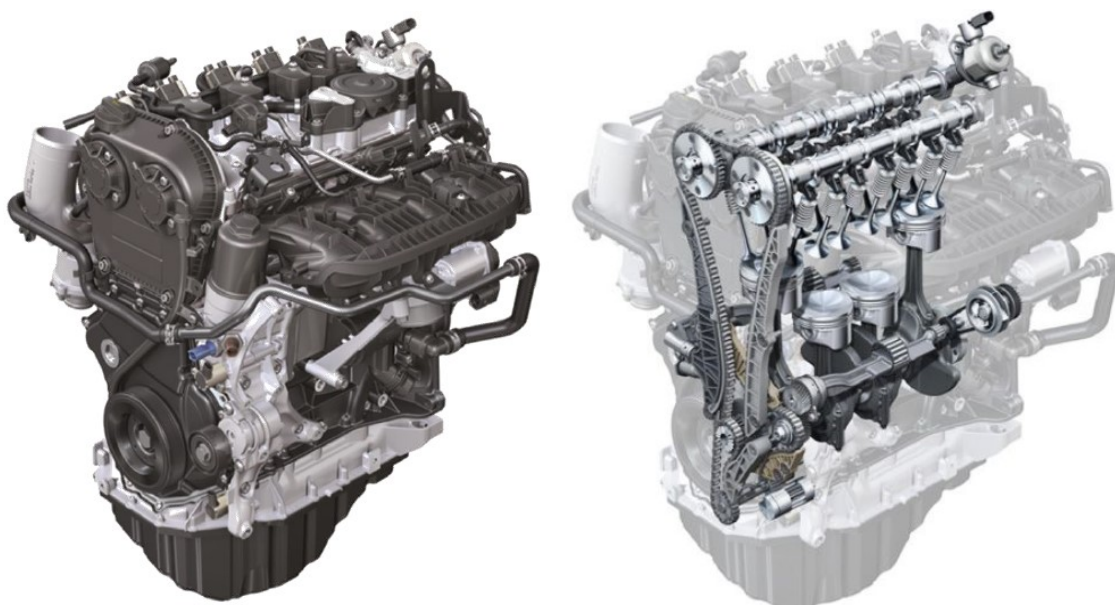
Parametry motoru	
Konstrukce	zážehový řadový čtyřválcový motor, dva nahoře uložené vačkové hřídele (2xOHC) s řetězovým rozvodem, motor přepřlňovaný turbodmychadlem s chladičem stlačeného vzduchu, uložený vpředu napříč, agregát chlazený kapalinou
Počet válců	4
Zdvihový objem	<b>1984</b> cm <sup>3</sup>
Vrtání	82,5 mm
Zdvih	92,8 mm
Max. výkon	<b>180</b> kW při 5000–6700 min <sup>-1</sup>
Max. tož. Moment	370 Nm při 1600–4300 min <sup>-1</sup>
Kompresní poměr	9,6 : 1
Plnění	elektronicky řízené přímé vstřikování paliva
Pohon	pohon předních kol
Převodovka	manuální
Zapalování	elektronické bezdotykové, řízené řídicí jednotkou
Mazání	tlakové oběžné s plnopřtokovým čističem oleje
Palivo	bezolovnatý benzín min. o. č. 95
Emisní norma	EU 6
Maximální rychlost	250 km/h
Zrychlení 0-100 km/h	6,6 s
VIN	TMBAU7NEXK0006154

Na obr. 1 je měřené vozidlo přivázané na dynamometru.



Obr. 1 Měřená Škoda Octavia RS 245

Na obr. 2 je zobrazen zážehový čtyřválcový motor 2.0 TFSI 180 kW.



Obr. 2 Motor 2,0 TFSI 180kW

## 2 ŘÍZENÍ ZÁŽEHOVÉHO MOTORU ŠKODA OCTAVIA RS 245

Cílem vývoje motorů pro motorová vozidla je, při pokud možno vysokém výkonu motoru, udržovat co nejnižší spotřebu paliva a emise výfukových látek a tím vyhovět normám týkajících se emisí výfukových plynů.

Nyní budou popsány snímače, akční členy, procesy a systémy elektronického řízení konkrétního zážehového motoru Škoda Octavia RS 245.

### 2.1 Snímače motoru 2.0 TFSI 180 kW EA888

Snímač je zdroj informací pro řídicí jednotku motoru. Jeho úkolem je převod jedné fyzikální veličiny na druhou. Základní převáděné veličiny jsou např. tlak, teplota, otáčky a další. Tyto veličiny se nejčastěji převádí na napětí, které je pro řídicí jednotku snadno zpracovatelné.

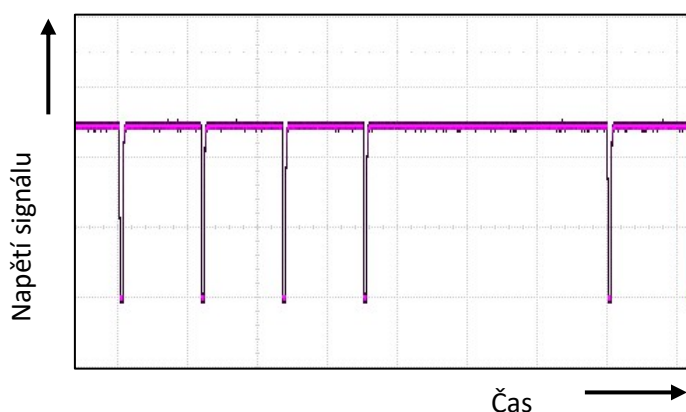
#### 2.1.1 Snímač otáček a polohy

Primární úlohou snímače otáček motoru je určení polohy klikového hřídele. Samotné otáčky jsou vypočítány až v řídicí jednotce motoru na základě frekvence impulsu ze snímače. Existují dva druhy snímačů otáček – indukční a Hallův. U vozidla Škoda Octavia RS 245 jsou Hallové snímače použity k měření otáček klikové hřídele a určení polohy obou vačkových hřídelí.

##### Hallův snímač

Hallův snímač má oproti indukčnímu snímači hned několik výhod. Mezi hlavní patří to, že jeho výstupní napětí není závislé na rychlosti otáček. To znamená že dokáže přesně určit i malé rychlosti otáček. Toto indukční snímač nedokáže, protože při nízkých otáčkách se na něm nenaindukuje žádné napětí. Další výhodou je snadnější elektronické zpracování signálu. Indukční snímač totiž generuje sinusový signál, který je pro jednotku složitěji zpracovatelný než obdélníkový, který generuje Hallův snímač.

Hallův snímač funguje na principu Hallova jevu. Hallův jev je vznik elektrického náboje příčně v Hallově prvku, jímž podélně protéká elektrický proud, který je odchylován magnetickým polem kolmým ke směru proudu. Výsledkem je, že Hallův snímač generuje digitální (pravoúhlý) signál stejné amplitudy. [2, 3]

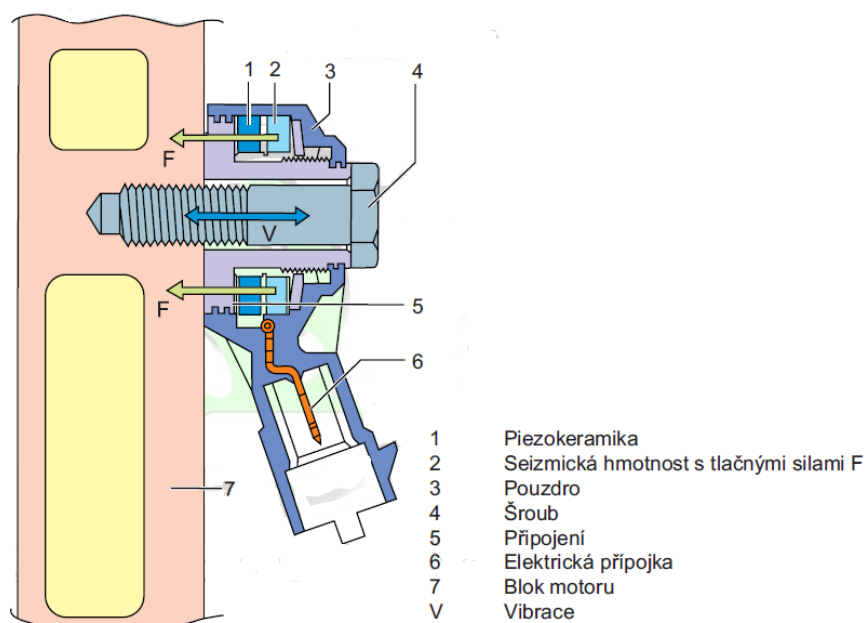


Obr. 3 Průběh napětí Hallova snímače otáček klikové hřídele, dlouhý pulz značí referenční mezera

### 2.1.2 Snímač klepání motoru

Tento snímač snímá vibrace motoru při hoření zapálené směsi. Detonační hoření, které je způsobeno změnou tlaku v důsledku hoření zapálené směsi nebo detonačního zapalování. Toto způsobuje specifické vibrace, které jsou tímto senzorem snímány. Detonační hoření může být způsobeno především prudkou změnou tlaku ve válcích, větší dávkou směsi při velkém zatížení, velkým množstvím úsad ve spalovacím prostoru a nesprávně nastaveným předstihem. Při vysokých otáčkách motoru už snímač klepání motoru neovlivňuje, protože motor samotný vydává velké vibrace a tímto by negativně ovlivňoval výstupní napětí ze snímače.

Hmota působí na základě své setrvačnosti tlačnými silami na kruhový piezokeramický prvek. Deformaci vzniká v keramice posun náboje. Mezi horní a spodní stranou této vrstvy lze měřit napětí, které je pomocí střídavého napěťového zesilovače navýšeno a dále zpracováno v řidiči jednotce. Snímač je umístěn na bloku motoru a dotažen šroubem odpovídajícím utahovacím momentem. [2]



Obr. 4 Umístění a části snímače klepání [2]

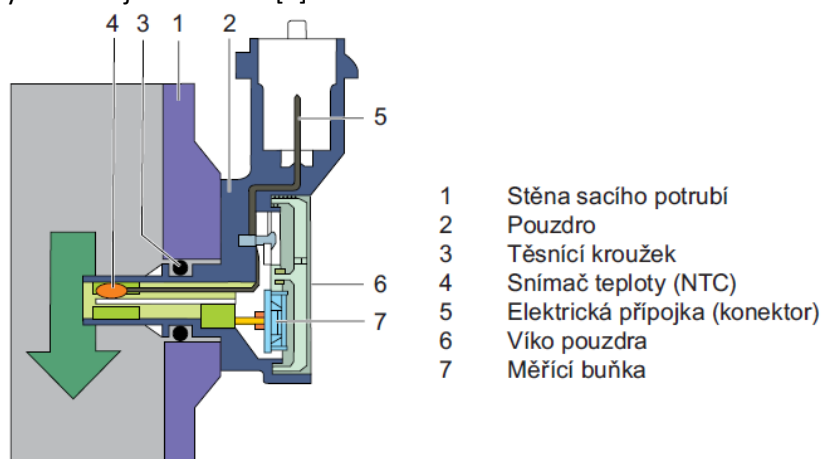
### 2.1.3 Snímač teploty motoru

Při měření teploty se využívá teplotní závislosti elektrických odporových materiálu, s kladným (PTC – Positive Temperature Coefficient), nebo záporným (NTC – Negative Temperature Coefficient) teplotním koeficientem. Napětí na měřicím rezistoru je úměrné teplotě motoru, toto napětí řídící jednotka motoru zpracovává a dle převodní charakteristiky převádí na hodnotu teploty. Měřené vozidlo využívá NTC teplotní snímač.

### 2.1.4 Snímač tlaku a teploty nasávaného vzduchu před a za škrticí klapkou

Octavia nemá klasický měřič hmotnosti vzduchu, ale má dva snímače tlaku s integrovaným snímačem teploty, první měří absolutní tlak v sacím potrubí mezi dmychadlem a motorem vůči referenčnímu vakuu. Tímto je možno přesně určit hmotnost vzduchu. Druhý snímač je umístěn přímo v sacím modulu, měří tedy tlak za škrticí klapkou, která reguluje přívod vzduchu. Snímače mají křemíkový čip, který je usazen na skleněné patici a měřeny tlak působí přímo na stranu, kde se nachází vyhodnocovací elektronika. Z tohoto důvodu je tato strana chráněna speciálním gelem. Referenční vakuum se nachází v dutině mezi čipem a skleněnou paticí. V pouzdru snímače je také integrovan

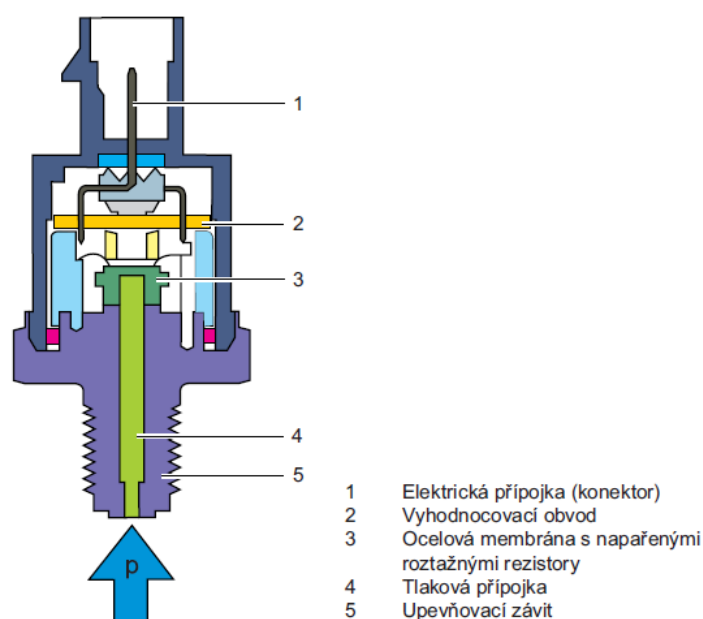
snímač teploty, který vyčnívá do prostoru proudícího vzduchu. Velmi rychle reaguje na změny teploty a jeho signál se vyhodnocuje nezávisle. [2]



Obr. 5 Snímač tlaku a teploty nasávaného vzduchu [2]

### 2.1.5 Snímač tlaku paliva

Tento snímač měří hodnotu tlaku paliva ve vysokotlakém zásobníku. Jádrem snímače je tvořeno ocelovou membránou, na které jsou napařeny roztažné rezistory v můstkovém zapojení. Měřicí rozsah snímače závisí na tloušťce membrány. Mezi tlakem a tloušťkou platí přímá úměra. Měřený tlak působí na membránu, jejíž prohnutí změní napětí dvou roztažných rezistorů. Výsledné měřené napětí v můstku je vedeno k vyhodnocovacímu obvodu, který signál zesílí a dále jej vede k řídicí jednotce. [2]



Obr. 6 Snímač vysokého tlaku paliva [2]

### 2.1.6 Lambda regulace

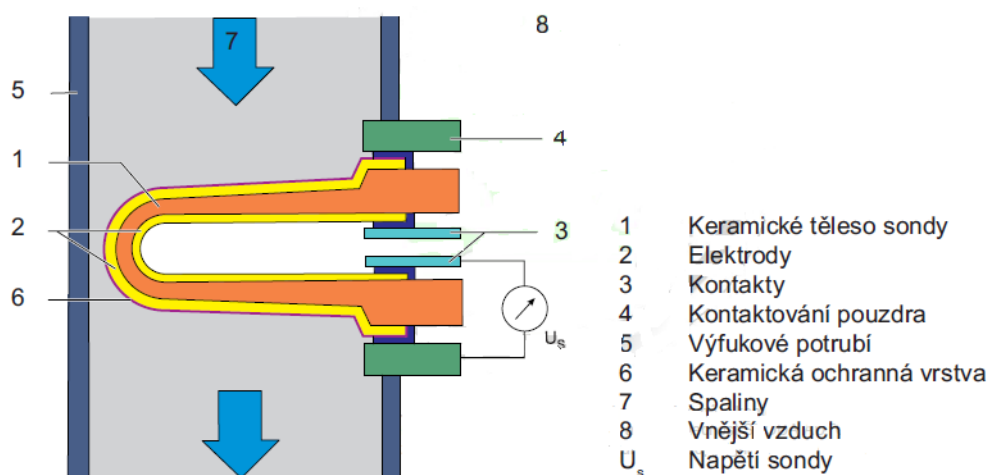
Hodnota označovaná jako  $\lambda$  (lambda) představuje součinitel přebytku kyslíku ve výfukových plynech, vzniklé spalováním směsi vzduchu a paliva ve spalovacím motoru. Pro správný chod zážehového motoru je asi nejdůležitější co možná nejpřesnější poměr paliva se vzduchem. Pro ideální spalování směsi a správnou funkci třístupného katalyzátoru byl vypočítán tzv. stechiometrický poměr, který se skládá z 1 kg paliva a z 14,7 kg vzduchu. Tento poměr (14,7 : 1) se dá vyjádřit také jako  $\lambda = 1$ .

Tento poměr směsi si řídicí jednotka dokáže vypočítat z údajů, které dostává od příslušných snímačů. Jelikož tato hodnota je pouze teoretická a správné hoření směsi ovlivňuje spousta dalších okolností jako např. kvalita paliva, nadmořská výška a v neposlední řadě správná funkce všech komponentů motoru. Proto je nezbytná i zpětná vazba po shoření směsi, tedy kontrola výfukových plynů. Tuto činnost zajišťuje lambda sonda.

Existují dva základní typy lambda sond, širokopásmová a dvoubodová lambda sonda. Měřené vozidlo má širokopásmovou lambda sondu umístěnou před turbodmychadlem a dvoubodovou lambda sondu za katalyzátorem.

### 2.1.7 Dvoubodová (skoková) lambda sonda

Základem dvoubodové lambda sondy je Nernstova buňka, což je keramická destička opatřená z obou stran elektrodami z platiny. Na jednu elektrodu působí výfukové plyny, respektive kyslík obsažený ve výfukových plynech a druhá elektroda je spojena s atmosférickým vzduchem. Rozdílnou koncentrací kyslíku vzniká na elektrodách napětí, které je poskytováno řídicí jednotce motoru. Pokud je  $\lambda < 1$  (bohatá směs) získá řídicí jednotka od lambda sondy napětí s hodnotou 0,7–1,0 V a tím pádem to znamená pokyn pro zkrácení doby vstřiku (ochuzení směsi), pokud je  $\lambda > 1$  (chudá směs) posílá lambda sonda do řídicí jednotky napětí s hodnotou 0,1–0,2 V a to představuje pokyn pro prodloužení délky vstřiku (obohacení směsi). Reference od lambda sondy probíhá skokově. [4]



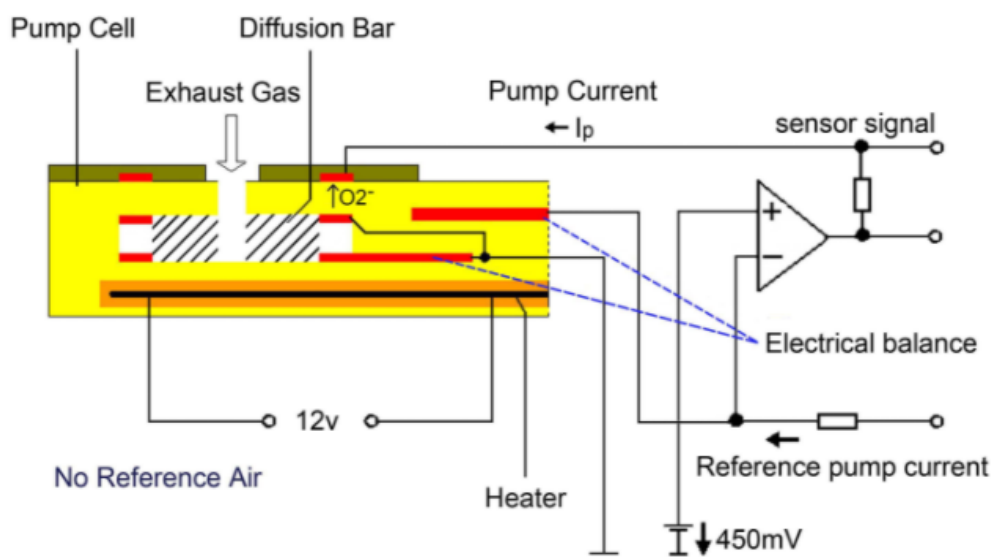
Obr. 7 Princip funkce dvoubodové lambda sondy [2]

### 2.1.8 Širokopásmová lambda sonda

Základem širokopásmové lambda sondy jsou dva články, jeden článek tvoří opět Nernstova buňka a druhý je přečerpávací článek. Mezi oběma články je vytvořen kanálek o průměru 10–50  $\mu\text{m}$  do něhož vstupují spaliny přes difuzní bariéru. Elektrody v přečerpávacím článku jsou tvořeny z porézní platiny, aby byla zajištěna průchodnost výfukových plynů a zároveň omezovala proud kyslíku z výfukových plynů. K pochopení funkce této sondy je nutno podotknout, že Nernstův jev funguje i obráceně, to znamená, že když je přiveden el. proud na elektrody, bude docházet k tzv. přečerpávání iontů kyslíku z jedné strany na druhou. V širokopásmové sondě se tohoto jevu využívá na přečerpávacím článku, který přečerpává kyslík do, nebo z kanálku. Difuzní štěrba je spojena s jednou elektrodou Nernstovy buňky (druhá elektroda Nernstovy buňky je přístupná atmosférickému vzduchu) a dle množství přečerpávaného kyslíku se na elektrodách Nernstovy buňky objeví napětí. Toto napětí je sledováno řídicí jednotkou a v podstatě neustále (proto širokopásmová) upravováno na hodnotu 0,45 V, toto napětí odpovídá nulovému čerpacímu proudu, což znamená že lambda se rovná 1.



Jestliže je směs příliš bohatá, obsah kyslíku ve výfukových plynech je menší a tím stoupne napětí na elektrodách Nernstovy buňky. Aby napětí na jejích elektrodách bylo zase 450 mV ( $\lambda = 1$ ), musí se koncentrace kyslíku na elektrodě na straně výfukových plynů zvýšit. Aby se tak stalo, musí se přivést správné množství el. proudu na přečerpávací článek. Nastavení hodnoty přečerpávacího proudu provádí řídicí jednotka přes regulační obvod. Velikost tohoto proudu, potřebného k čerpání, je ekvivalentem potřeby koncentrace kyslíku ve výfukových plynech, a tím i mírou součinitele  $\lambda = 1$ . Čerpací proud je v řídicí jednotce vyhodnocován a na jeho základě dojde ke zkrácení doby vstřiku. V případě, že je směs příliš chudá proces je proveden stejně, ale s opačnými hodnotami proto kyslík není čerpán do difúzní štěrbin, nýbrž z ní a výsledkem je prodloužení doby vstřiku. [4]



Obr. 8 Princip funkce širokopásmové lambda sondy [5]

## 2.2 Akční členy motoru 2.0 TFSI 180 kW EA888

Akčním členem může řídicí jednotka ovlivňovat regulovanou soustavu na požadované hodnoty. Akční člen převádí řídicí veličinu na akční veličinu.

### 2.2.1 Zapalovací modul

Na každý válec připadá jedna zapalovací cívka, která je tvořena primárním a sekundárním vinutím a spínacím prvkem. Vysláním 5 V řídicích impulsů od řídicí jednotky dochází ke vzniku a zániku magnetického pole kolem primárního vinutí. Při zániku magnetického pole dochází k indukci vysokonapěťového impulsu. Na sekundárním vinutí je připojená zapalovací svíčka. Na elektrodách zapalovací svíčky dochází ke vzniku jiskry, která zapaluje směs ve válci.

### 2.2.2 Zapalovací svíčka

U zážehového motoru se spalování stlačené směsi vzduchu a paliva vyvolává elektrickou jiskrou. Výrobu této jiskry obstarává zapalovací svíčka, která je zašroubována do hlavy válce. Svíčka musí bezpečně zapalovat směs při všech provozních režimech motoru, zajišťuje spouštění studeného motoru, zabezpečuje nepřerušované hladké zrychlení a dlouhodobý provoz při nejvyšším zatížení.

Zapalovací svíčka musí odolávat spalovacím teplotám až 2500 °C, tlaku až 6 MPa, zatímco při sání je ve válci velký podtlak a teplota okolo 80°C. Svíčka musí odolávat chemickým vlivům agresivního prostředí spalovacího prostoru a musí být tepelně pružná, tj. zajistit start při nízkých teplotách a spolehlivou provozuschopnost při vysokém přehřátí motoru.

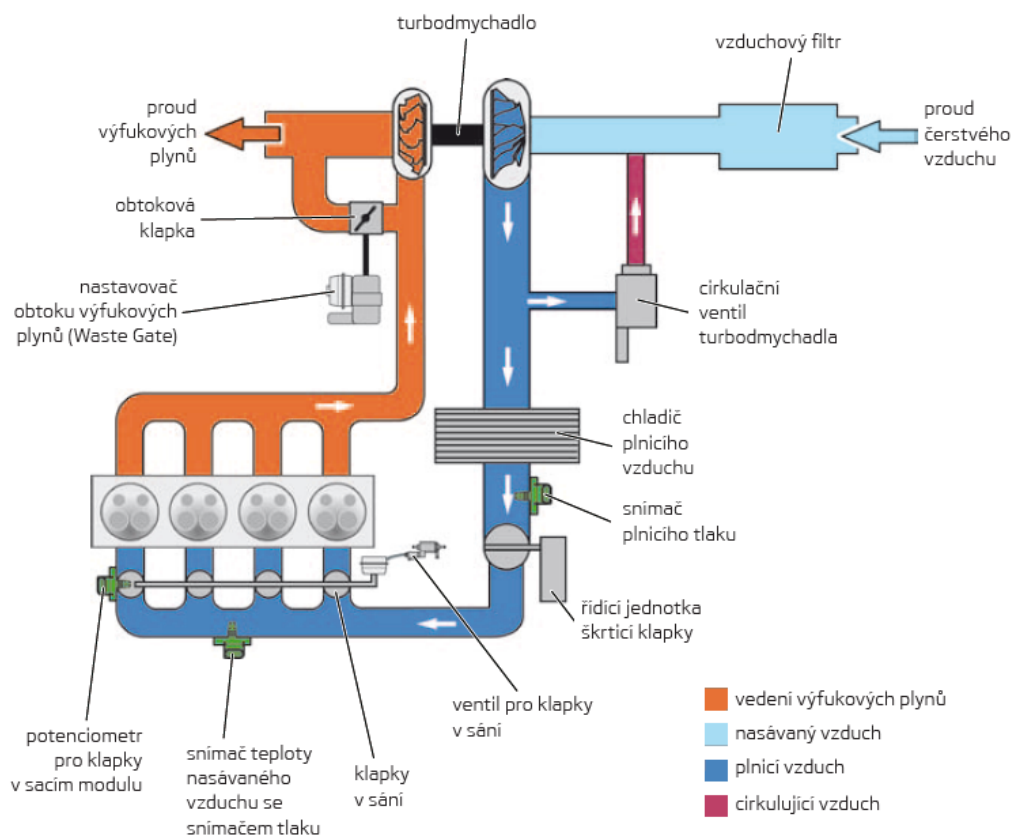
Přeskokem jiskry na zapalovací svíčce dojde k zapálení směsi paliva se vzduchem ve spalovacím prostoru. Zapalovací svíčka je keramicky izolovaná. Prostor mezi střední a vnější elektrodou se při překročení přeskového napětí stává vodivý a přeměňuje se zde energie zapalovací cívky na elektrickou jiskru. Velikost přeskového napětí závisí na vzdálenosti elektrod, geometrii elektrod, tlaku ve spalovacím prostoru a poměru vzduchu a paliva v okamžiku zapálení. [6]

### 2.2.3 Vyhřívání dvoubodové a širokopásmové lambda sondy

Pro správnou funkci obou sond musí být teplota článku okolo 600 až 800 °C. Sonden se můžou zahřát přímo od výfukových plynů. To ovšem není úplně efektivní, protože zahřátí výfukových plynů na takovou teplotu trvá moc dlouho. Zejména pokud vozidlo jede na volnoběh. Proto se u lambda sond využívá topné těleso. Topné těleso má vnitřní vyhřívací odporový článek. Těleso je napájeno síťovým napětím a řídicí jednotkou spínané přes GND. Vyhřívací článek se dokáže zahřát na požadovanou teplotu zhruba po dvaceti sekundách a tím podstatně zkrátit dobu chodu motoru bez lambda regulace.

### 2.2.4 Škrticí klapka

U zážehového motoru hraje velice důležitou roli škrticí klapka, která reguluje množství nasávaného vzduchu a tím ovlivňuje výkon motoru. Snímač polohy škrticí klapky snímá úhel natočení této klapky. Snímač úhlu natočení škrticí klapky pracuje bezkontaktně na principu indukce (dva Hallové snímače). Při změně polohy škrticí klapky jedno napětí roste a druhé klesá. Toto je z důvodu bezpečnosti, protože škrticí klapka přímo ovlivňuje výkon motoru. [7]



Obr. 9 Schéma systému sání [7]

## 2.3 Procesy a systémy elektronického řízení zážehové motoru

### 2.3.1 Systém plnicího vzduchu s turbodmychadlem

Z nasávaného vzduchu jsou nejdříve odstraněny mechanické nečistoty vzduchovým filtrem. Nízkotlakou částí sání je vzduch dopraven k lopatkám dmýhadla, poháněném turbínou od výfukových plynů, poté je vzduch veden vysokotlakou částí dále. Před hlavní klapkou sací trubky je instalován chladič vzduchu. Ochlazením se zmenší objem molekul vzduchu a zároveň klesne výbušnost směsi ve spalovacím prostoru, která by u benzinového motoru mohla vést k nežádoucím samozápalům. Dále již ochlazený a stlačený vzduch směřuje k jednotlivým sacím trubicím příslušných válců.

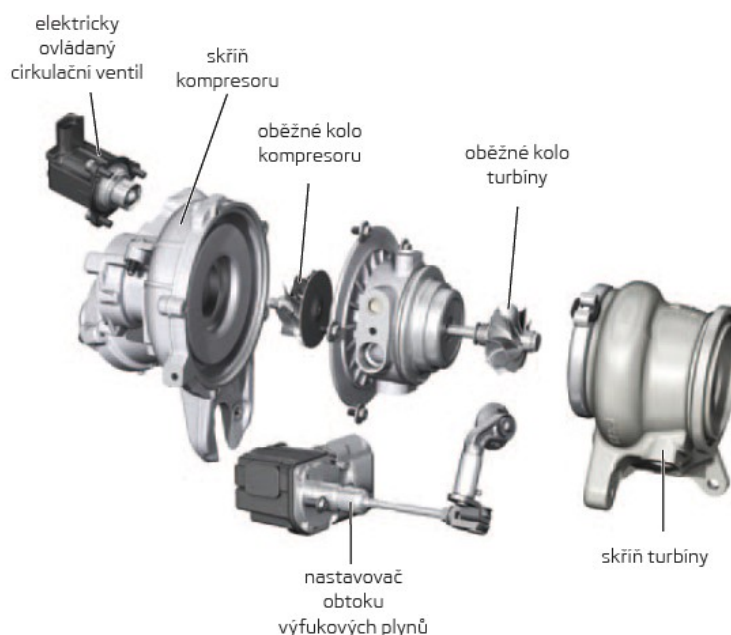
Pohon turbodmychadla zajišťuje turbína poháněná výfukovými plyny. O snížení teploty výfukových plynů se starají vodní kanály v hlavě motoru, které jsou v kontaktu s integrovanými výfukovými svody. Tím se sníží tepelné namáhání turbodmychadla. [2, 7]

#### Turbodmychadlo

Turbodmychadlo je zařízení, které slouží k přeplňování agregátů, a to jak vznětových, tak zážehových. Plnění motoru pomocí turbodmychadla zabezpečuje maximální točivý moment motoru v širokém pásmu otáček a zlepšuje jeho vlastnosti při plném zatížení, protože se za jeho působení do spalovacího prostoru dostane větší množství vzduchu, což umožní spálit více paliva.

Rotor je tvořen turbínovým kolem s hřídelí a dmychadlovým (kompresovým) kolem, které se točí 50 000 až 240 000 otáček za minutu. To vše při mazání olejem a uložení rotoru ve valivém ložisku.

Kvůli nebezpečí zničení motoru vysokými tlaky plnění je velikost turbodmychadla dimenzována tak, aby se docílilo efektu přeplňování i při středních otáčkách a malých rychlostech proudění výfukových plynů. To má za následek při vysokých otáčkách motoru a velkého množství výfukových plynů je tlak turbodmychadla nebo jeho otáčky v nepřijatelných hodnotách – proto je nutno turbo regulovat. Vozidlo je vybaveno elektrickou regulací, která oproti podtlakové nabízí kratší dobu odezvy – proces regulace turbodmychadla probíhá rychleji. Což má za následek celkové lepší odezvu na plyn. Regulátor turbodmychadla funguje na podobném principu jako snímač polohy škrticí klapky. [8]



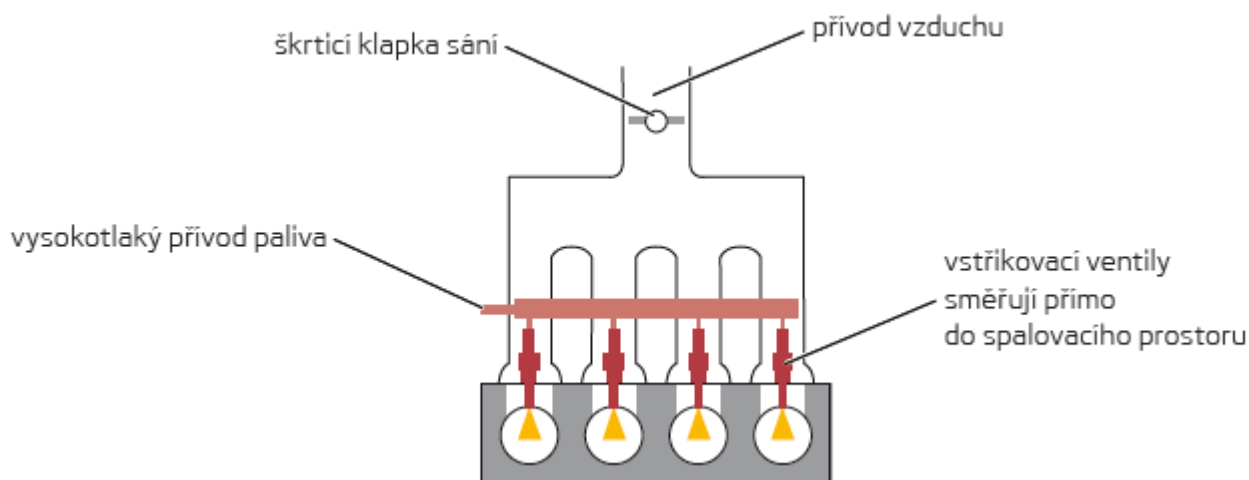
Obr. 10 Vnitřní stavba turbodmychadla [7]

### 2.3.2 Systém vstřikování paliva a jeho části

Měřené vozidlo využívá přímého vstřikování FSI (Fuel Stratified Injection). U tohoto systému je palivo vstřikováno přímo do válce motoru. Mezi hlavní výhody přímého (vrstveného) vstřikování patří lepší dynamika, vyšší výkon i točivý moment, a přitom až patnáctiprocentní úspora pohonných hmot. To je způsobeno přímým vstřikováním paliva a možností kontrolovat výkon pomocí regulace kvality směsi vzduchu a paliva, která je dodávána do válců. Hlavní nevýhodou přímého vstřikování FSI je, že při spalování chudé směsi (směs s velkým poměrem vzduchu) se v motoru tvoří větší množství oxidu dusíku ( $\text{NO}_x$ ). Nadbytečné oxidy dusíku, které vznikají jsou dočasně podrženy v adsorpčním katalyzátoru a později v průběhu konvenčního spalování jsou přeměněny na dusík.

Při částečném zatížení motoru, které nastává nejčastěji, může motor díky vrstvenému vstřikování paliva pracovat s velmi chudou směsí. V tom okamžiku je dané minimum paliva soustředěno v okolí zapalovací svíčky tak, aby vůbec mohlo dojít k zažehnutí. Zbýlý prostor válce je vyplněn podstatně chudší směsí, dalo by se říct skoro čistým vzduchem. Směšovací poměry se u motorů FSI pohybují kolem 1:40 až 1:50. Těsně před koncem zdvihu pístu se pod vysokým tlakem vstříkne minimální potřebné množství benzínu. Díky víru vzduchu ve válci se vytvoří několik vrstev směsi, z nichž každá má jiný poměr paliva a vzduchu. Tím vzniká ono vrstvené plnění. Nejbohatší směs je soustředěna v okolí svíčky. Jiskra směs zapálí a hořící palivo pak zažehne i zbývající chudou směs.

Tlak systému je až 200 barů, proto je nutné, aby všechny části systému byly dostatečně dimenzovány. Ventily jsou uchyceny přes pružné ocelové podložky. Tím dojde ke snížení akustických rázů při vstřikování, které se u starších modelů přenášely na hlavu válců. Vysokotlaký zásobník (rail) není přichycen k sání, jak tomu bylo u starších modelů, ale je upevněn přímo k hlavě válců. [9]



Obr. 11 Přímé vstřikování FSI [7]

### 2.3.3 Nízkotlaký obvod

Komponenty nízkotlakého obvodu jsou umístěny převážně v palivové nádrži. Skládá se z palivového čerpadla a paralelně připojeného mechanického regulátoru tlaku paliva, s jejichž pomocí je palivo stlačeno na tlak 3 bar a dopraveno k vysokotlakému palivovému čerpadlu. Součástí palivového čerpadla je snímač hladiny paliva v nádrži. Snímač se skládá ze zapouzdrěného potenciometru utěsněného proti vniknutí paliva a je zapojen jako proměnný odpor. Pevná část potenciometru má dvě odporové dráhy, rezistory a přípojky. Otočnou část tvoří hřídel, která spojuje rameno běžce s pákou plováků. [2]

### 2.3.4 Vysokotlaké palivové čerpadlo

Vysokotlaké čerpadlo má za úkol zvýšit tlak z 3 barů až na 200 barů, přitom musí zajistit co nejmenší kolísání tlaku paliva v zásobníku. Vysokotlaké čerpadlo je připevněné na hlavě motoru a je poháněné od výfukové vačkové hřídele. Ta stlačuje píst vysokotlakého čerpadla.

### 2.3.5 Zásobník paliva (rail)

Zásobník musí být velmi pružný, aby utlumil tlakové pulzace způsobené jak periodickými odběry paliva, tak i vlastní pulzací proudu paliva ve vysokotlakém čerpadle. Naproti tomu musí být zásobník paliva natolik tuhý, aby tlak paliva mohl být dostatečně rychle přizpůsobován požadavkům motoru. Hodnota tlaku paliva a zásobníku je kontrolována snímačem tlaku paliva. Zásobník má tvar potrubí, je vyroben z hliníkové slitiny a má otvory pro připojení vstřikovacích ventilů, tlakového řídicího ventilu, vysokotlakého čerpadla a příslušných snímačů. [10]

### 2.3.6 Vstřikovací ventily

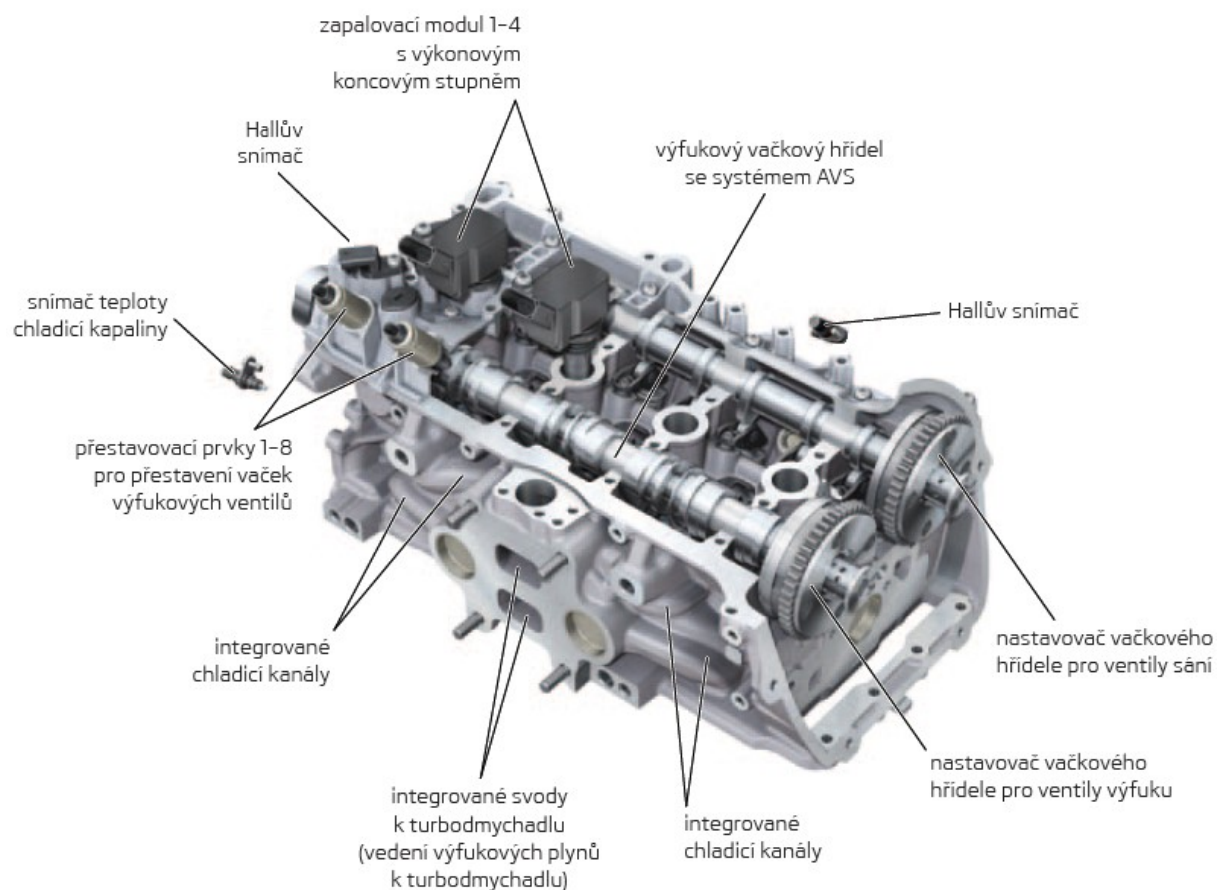
Elektromagnetické vstřikovací ventily musí splňovat vysoké požadavky s ohledem na podmínku jeho umístění, na krátké doby vstřiku, na vysoké rozsahy linearity a na tvar vstřikovaného paprsku. Na každý válec připadá jeden vstřikovač. Vstřikovací ventily jsou u přímého vstřikování benzínu připojené přímo na zásobník paliva. Protože palivo v zásobníku se nachází trvale pod vysokým tlakem (až 200 bar), je možno vstřik libovolně upravovat vysíláním elektrických impulsů do vstřikovačů. Ovladač, který zásobuje proudem elektromagnetický ventil vstřikovače, zapíná trysku (začátek vstřiku). Po odpojení napájení, je vstřik ukončen. Množství vstřikovaného paliva je závislé na době otevření vstřikovače. Vstřikovače dokážou provést několik vstřiků během jediného pracovního cyklu motoru. To ovlivňuje snižování spotřeby paliva, zajišťuje tišší provoz motoru a nižší obsah nebezpečných látek ve výfukových plynech. [10, 11]

### 2.3.7 Systém proměnného časování motoru

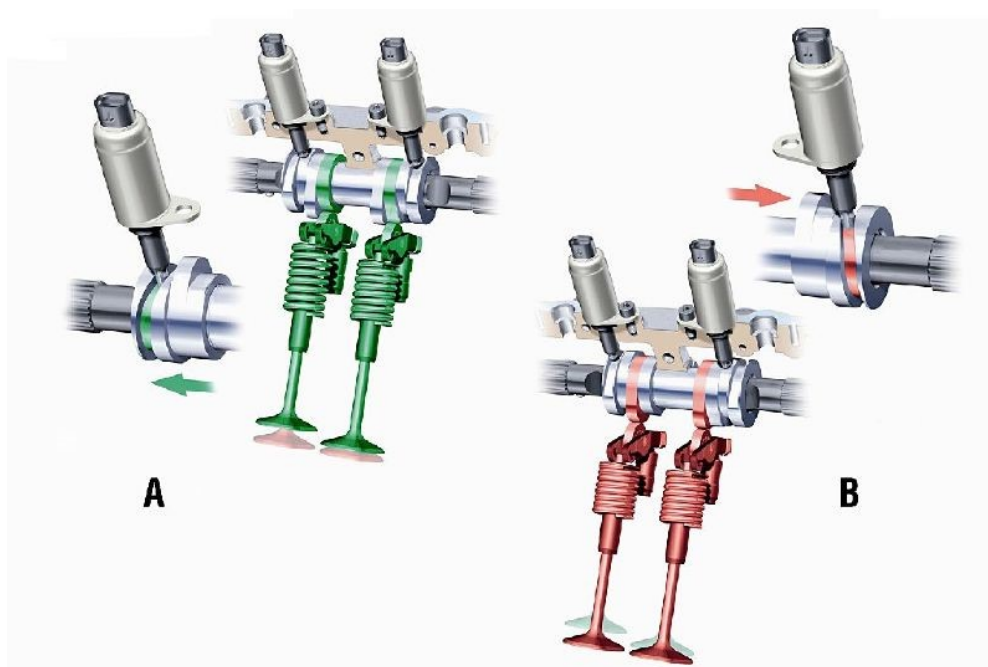
Proměnné časování ventilů je elektricko-hydraulické zařízení, které řídí fáze rozvodu motoru změnou vzájemné úhlové polohy vačkových hřídelí. Tento systém byl poprvé zaveden v r. 1992 firmou BMW. Dnes obdobné systémy používá prakticky každý výrobce benzinových motorů. Proměnné časování ventilů má za následek zvýšení točivého momentu v rozsahu nízkých otáček motoru, zvýšení výkonu v horních rozsazích otáček, snížení spotřeby paliva a snížení emisí. [12]

### AVS systém

Měřená Octavia má kromě proměnlivého časování vačkových hřídelí také možnost měnit zdvih výfukových ventilů, tento systém se nazývá AVS (Audi Valvelift System). Vačkový hřídel výfukových ventilů má ozubení a na něm je uložena vždy čtveřice tzv. vačkových pouzder ve formě válcových objímek, na jejichž povrchu jsou kromě profilů vaček ještě spirálově vedené drážky. Hlava válců má integrované členy s kovovými kolíky, které se prostřednictvím rychle reagujících elektromagnetů vysunují o čtyři milimetry. Pro každé vačkové pouzdro jsou k dispozici dva integrované členy. V případě potřeby vysunutý kolík zajede do spirálové drážky a posune pouzdro na rotujícím hřídeli o sedm milimetrů, takže úzký otočný člen rozvodové páky přejde z jednoho excentrického profilu na druhý, příslušně měnící zdvih ventilu. Pouzdro je ve své koncové poloze zajištěno čepem, aktivovaným pružinou. Kovový kolík se bez elektrické aktivace mechanicky zasune zpět. Ke změně zdvihu ventilů dochází v určitém rozmezí otáček. Nejdůležitějším důsledkem AVS systému je snížení spotřeby paliva, snížení emisních limitů a rychlejší odvod výfukových plynů. [13]



Obr. 12 Hlava válců a její komponenty [7]



Obr. 13 Princip funkce AVS

**A** – jakmile se vačkové pouzdro posune kolíkem zasunutým do drážky (vyznačeno zeleně) směrem doleva, působí na ventily vačky udělující malý zdvih, pro každý ventil jiný, což je nastavení pro nízké otáčky

**B** – při vysokých otáčkách se vačkové pouzdro přesouvá vpravo (červená drážka), čímž se aktivují ostré vačky, jež dávají oběma ventilům větší zdvih [13]

### **2.3.8 Proces zapalování**

Úkolem zapalování u zážehových motorů je bezpečně zapalovat elektrickou jiskrou směs paliva se vzduchem. Okamžik zážehu (tj. přeskok jiskry na zapalovací svíčky) je vázán na nejvhodnější polohu pístu, před horní úvratí (a natočení klikového hřídele) – předstih zapalování. Předstih zapalování se musí přizpůsobovat provozním podmínkám motoru, tj. otáčkám, zatížení, bohatosti směsi, zamezit detonačnímu spalování apod.

Měřené vozidlo využívá plně elektronické bezdotykové zapalování. To se liší od elektronického zapalování především tím, že nemá již mechanický rozdělovač. Tím je omezena elektromagnetická úroveň rušení a ztráty napětí a proudu jiskřením v rozdělovači. Provozní spolehlivost a vlastnosti, jsou ještě lepší než u elektronického zapalování (vyšší energie jiskry, přesněji řízený předstih apod.). O vše se v podstatě stará řídicí jednotka motoru (zapalování i příprava směsi najednou). Vstupní veličinou pro zapalování je snímač polohy klikové hřídele (Hallův snímač), který je umístěn na bloku motoru a bere impulzy se setrvačnickového kola. Řídicí jednotka má pro každý válec samostatný koncový stupeň, což v praxi znamená že na každý válec připadá jedna zapalovací cívka. V tomto provedení je napětí rozváděno k zapalovacím cívkám nasunutým přímo na zapalovací svíčky. Výhodou je absence vysokonapěťových kabelů, to znamená snazší a dokonalejší odrušení. [14]

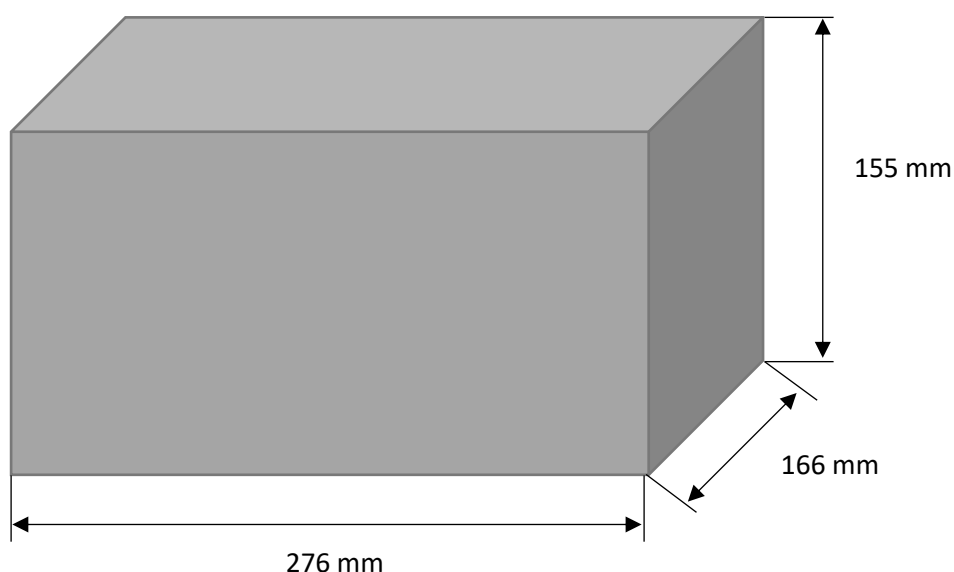
## **2.4 Řídicí jednotka**

Řídicí jednotka zpracovává údaje (analogové, impulsní a digitální) ze snímačů a čidel požadovaných hodnot na základě definovaných matematických výpočetních postupů (řídicí a regulační algoritmy). Dále řídicí jednotka řídí akční členy elektrickými výstupními signály.

### 3 NÁVR BOXU A ROZLOŽENÍ ZDÍŘEK

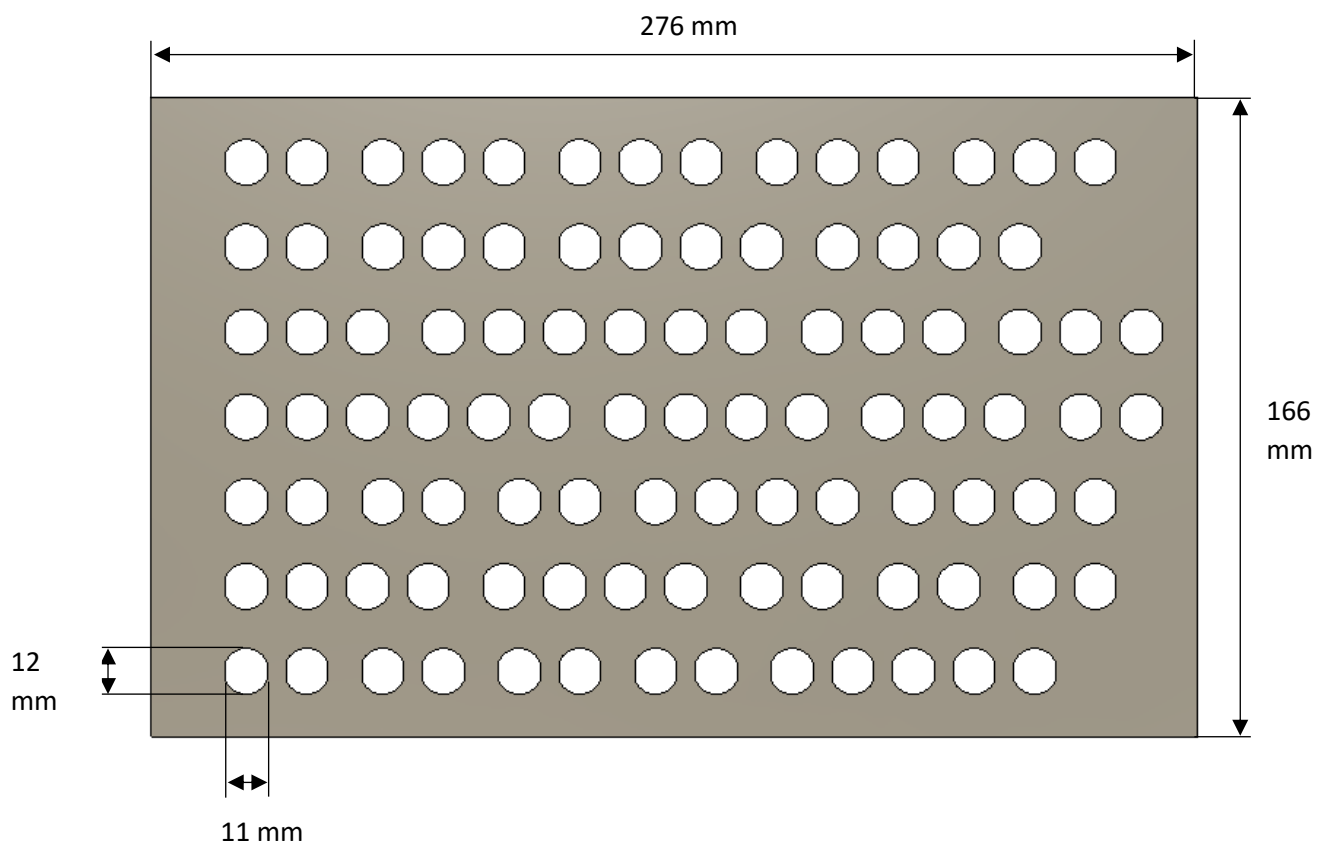
Měřicí terminál je naistalován na vůz Škoda Octavia RS 245 se zážehovým motorem. Box byl umístěn na místo akumulátoru do motorového prostoru. V měřicím terminálu budou vyvedeny důležité snímače, akční členy a čidla požadovaných hodnot, které jsou zásadní pro elektrické řízení zážehového motoru. Terminál bude paralelní diagnostikou, pomocí které bude jednoduše možno pomocí měřicích přístrojů sledovat aktuální dění na vyvedených prvcích.

Rozměry boxu bylo nutné přizpůsobit velikosti držáku akumulátoru do kterého byl měřicí box uchycen. Box byl zhotoven s 3 mm hrubých hliníkových plechů, které vždy v rozích drží 2 mm hrubé hliníkové L profily. Na zadní straně jsou umístěny tři vývodky o průměry 20 mm, přes které jsou vyvedeny všechny vodiče z boxu. Levou stranu boxu tvoří dva spínače S1 a S2 (obr. 18). Na horní desce jsou rozmístěny všechny měřicí zdířky. Díry pro zdířky bylo nutno vyřezat laserem, protože zdířky nejsou přesně kulaté, ale jsou po stranách zploštělé, aby se při dotahování neprotáčely. Snažil jsem se, aby snímače, akční členy a čidla požadovaných hodnot byly v měřicím boxu v co možná nejlogičtější sledu. Pro lepší přehlednost je nad středem každého prvku umístěno číslo, které odkazuje na uživatelskou příručku, kde je popis o jaký prvek se jedná a jaké má daný prvek rozložení zdířek. Zdířky, které náleží k jednomu prvku mají mezi sebou malé mezery, potom následuje větší mezera a pokračuje další prvek. Takto jsou vytvořeny skupinky zdířek, které patří vždy k jednomu danému měřenému prvku. Zdířky jsou barevně rozlišené. Červená značí plus kontakt (+), černá mínus kontakt (GND), zelená signál (S), žlutá signál (S1) a modrá signál (S2).

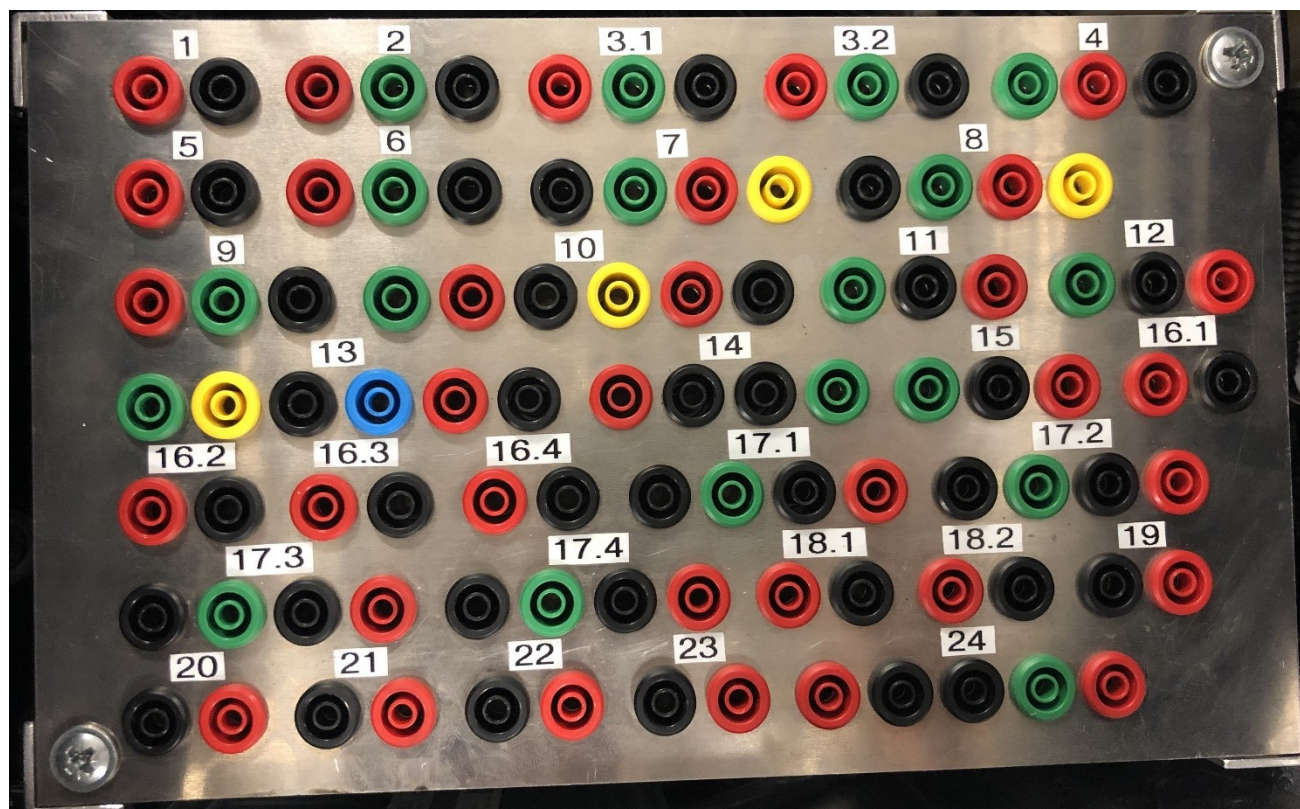


Obr. 14 Měřicí box a jeho rozměry





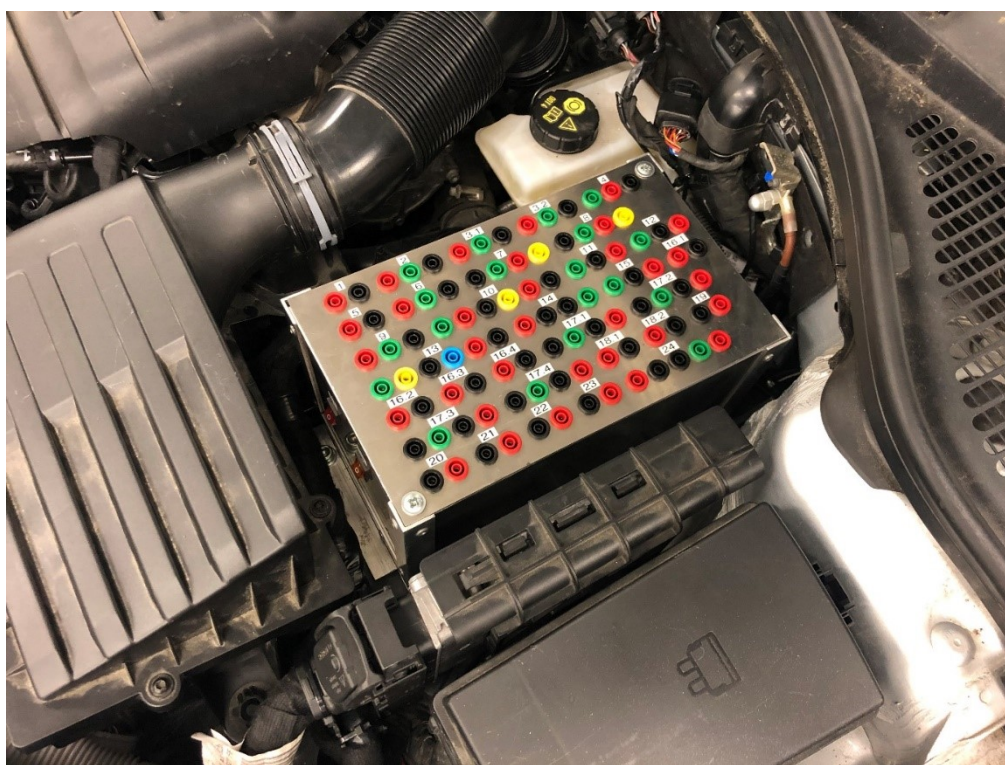
Obr. 15 Návrh rozmístění měřících zdírek



Obr. 16 Výsledná podobá měřícího terminálu



Obr. 17 S1 – spínač snímače klepání, S2 – spínač snímače teploty motoru



Obr. 18 Umístění boxu na původní místo umístění akumulátoru



## 4 POPIS REALIZACE

### 4.1 Přemístění akumulátoru do zavazadlového prostoru

Po konzultaci s vedoucím bakalářské práce jsme dospěli k závěru, že nejlepší umístění pro měřicí box bude místo akumulátoru v motorovém prostoru, který se přesune do zavazadlového prostoru.

Bylo tedy potřeba předělat elektroinstalaci k akumulátoru. Nejdříve bylo nutné připravit interiér vozu, demontovat plastové a textilní obložení. Konkrétně krycí lišty celého levého prahu, B sloupku, C sloupku a celý zavazadlový prostor. Následně bylo potřeba zhotovit nový držák na akumulátor v zavazadlovém prostoru. Byla svařena nerezová konstrukce, která byla následně povrchově upravena a přinýtovaná do levé části zavazadlového prostoru (viz. obr. 19). Na tuto konstrukci byl připevněn originální držák baterie z jiného vozu. Tento držák bylo nutné pouze lehce upravit, aby přesně zapadl do vymezeného prostoru.



Obr. 19 Umístění akumulátoru v zavazadlovém prostoru

Dalším krokem bylo přivedení vodičů z motorového prostoru do zavazadlového prostoru. Jelikož se přímo v levé části zavazadlového prostoru nacházel kostřící bod nebylo nutné vést mínusový kabel až z motorového prostoru. Pouze bylo nutné prodloužit původní mínusový kabel, na kterém se nachází čidlo baterie. Toto čidlo z kontaktu nejde demontovat, bylo tedy nutné originální kabel zachovat, jen se musel prodloužit, aby se mohl upevnit na kostřící bod v zavazadlovém prostoru. Z motorového prostoru bylo ovšem nutné přivést plusový vodič a dvojlinku k čidlu baterie. Dva vodiče, které vedly k čidlu baterie se v motorovém prostoru přerušily a napájely se prodlužovací kabely až do zavazadlového prostoru. Na plus kontaktu akumulátoru se původně nacházela smyčka, jeden vysokonapěťový vodič vedl od řídicí jednotky a druhý od startéru. Tento spoj se přemístil na startér. Na vodič od řídicí jednotky o průřezu  $16 \text{ mm}^2$  bylo nalisováno očko a upevněno se na kontakt 30 startéru. Vodič od startéru k akumulátoru měl průřez  $25 \text{ mm}^2$ , tento vodič byl odstraněn. Místo něho byl nainstalován nový vodič o průřezu  $35 \text{ mm}^2$ , byl zvolen silnější kabel, aby bylo zajištěno dodání dostatečného startovacího proudu. Proud s délkou vodiče klesá, bylo tedy potřeba použít větší průřez vodiče. Na kabel bylo nalisováno očko a připevněno na kontakt 30 startéru, následně byla po celé délce

kabelu vložena dodatečná izolace v podobě červené smršťovací bužírky. Nyní bylo možné vést vodič skrz průchodku do kabiny a podél levého prahu až do zavazadlového prostoru, kde se na konec přidělal olovňený kontakt. V místech ohybu a v motorovém prostoru byla navíc přidána dodatečná izolace v podobě černé ochranné svazovací spirály.

Posledním krokem v této části bylo znovu připevnit veškeré demontované části interiéru a vložit akumulátor na své nové místo do zavazadlového prostoru.

## 4.2 Zapojení měřicího terminálu

Prvním krokem bylo změřit potřebnou délku kabelu od motorového svazku k měřicímu boxu. Dále byly všechny kabely protaženy skrz vývodky a byly na ně nalisovány očka. Očka byly připevněny na měřicí zdířky pomocí matic. Následně byly zhotoveny propojky mezi prvky, které mají společný např. minusový vodič, nebo ventily, které jsou spojené k jedné pojistce. Tímto se ušetřilo velké množství vodičů, které nebylo potřeba vést až od motorového svazku.

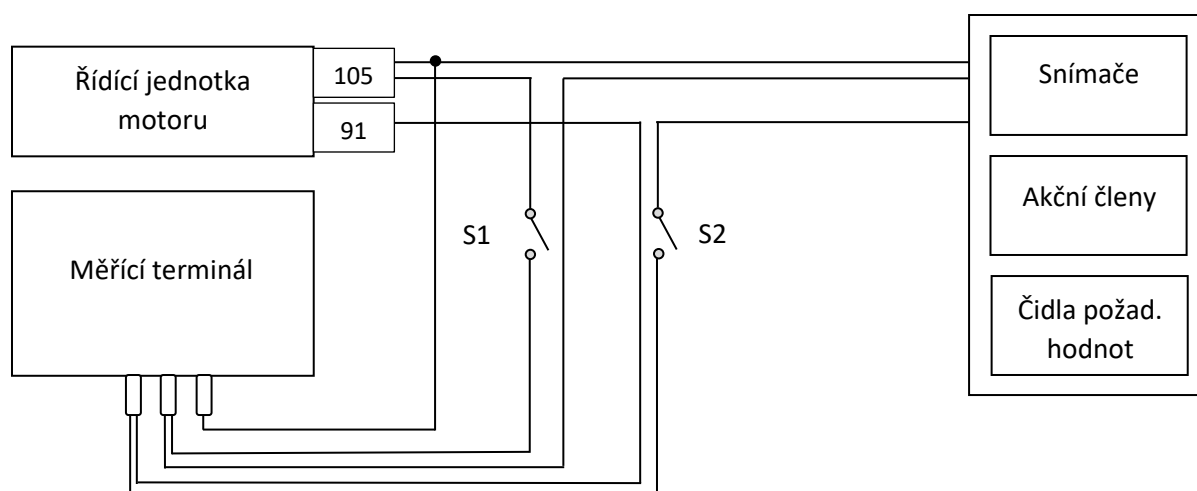
Do řídicí jednotky motoru vedou dva svazky zakončené konektory. Tyto konektory bylo nutné odpojit, a po celé délce svazky od jednotky odizolovat. Poté byl připevněn na své místo měřicí box, ve kterém už byly nalisovány všechny očka, upevněné k měřicím zdírkám. Dalším nejdůležitějším krokem bylo napájet všech 88 vodičů z boxu na motorové svazky. Za pomoci originálního schématu se vždy našel daný prvek, ten má ve schématu očíslované vodiče, které jsou k němu připojeny. Vodiče jsou také barevně rozlišené. Čísla, kterými jsou ve schématu označeny vodiče korespondují s čísly přímo na konektorech k řídicí jednotce motoru. Původní vodič byl rozpojen, přidal se nový vodič od měřicího boxu a vodiče se spájely zpět dohromady. Tento proces se opakoval u všech vodičů. Některé prvky komunikují přes rozhraní CAN, to znamená že jsou vodiče zapletené k sobě, toto je kvůli odrušení ostatních signálů. Vodiče od spojeného uzlu k měřicímu boxu byly pro zlepšení kvality měření také zapletené do sebe.

V měřicím terminálu jsou zapojeny dva spínače S1 a S2. Spínač S1 (spínač snímače klepání) je zapojen tak aby do měřicích zdířek bylo možné připojit zdroj napětí a tím řídicí jednotce simulovat různé hodnoty klepání. Poté bude možno pozorovat chování motoru při různých hodnotách klepání, Spínač S2 (spínač snímače teploty motoru) je zapojen tak, aby v měřicích zdírkách bylo možné po rozepnutí spínače měřit odpor snímače teploty. Pokud by totiž spínač nebyl rozepnut odpor snímače by ovlivňoval také odpor řídicí jednotky.

Poslední fáze realizace, byla izolace kabeláže a zpětné upevnění motorového svazku.

## 4.3 Schéma napojení měřicího terminálu

Schéma napojení z obr. 20 zobrazuje všechny možnosti napojení vodičů od měřicího terminálu na originální kabelové svazky. Z řídicí jednotky vedou ke snímačům, akčním členům a čidlům požadovaných hodnot dva svazky. Svazky jsou zakončeny konektory a připojeny k řídicí jednotce motoru. Jeden konektor obsahuje 105 vodičů a druhý 91 vodičů. Z měřicího terminálu je připojeno na originální vodiče v kabelovém svazku celkem 88 vodičů a dva spínače.



Obr. 20 Blokové schéma připojení boxu do obvodu

#### 4.4 Výpis chyb ze sériové diagnostiky

Jako ověření správného zapojení měřicího terminálu je doložen výpis chyb ze sériové diagnostiky. První chyba se týká dvoubodové lambda sondy za katalyzátorem, po proměření sondy bylo zjištěno že vyhřívání je v pořádku, ale článek negeneruje žádné napětí, sonda je tedy vadná. Druhá chyba se týká systému ESP. Tato chyba je zřejmě způsobena tím, že vozidlo nebylo dlouhou dobu v běžném provozu. Vozidlo by bylo nutné projet a případně zkalibrovat některé snímače, chyba by poté s největší pravděpodobností zmizela. Výpis chyb je stejný před i po zapojení měřicího terminálu. Zapojením měřicího terminálu nebyla tedy způsobená žádná chyba.

2 závad nalezeno.

20632 - rada valcu 1 - sonda 2  
P0140 00 [101] - zadna aktivita  
Nepotvrzeno - Testováno od smazání paměti  
info o závadě:  
Stav závad: 00000001  
Priorita závad: 2  
Frekvence závad: 1  
Kilometry: 50362 km  
Datum: 2021.04.01  
Čas: 18:11:43

Otáčky motoru: 793.50 /min  
Normovaná hodnota zátěže: 6.3 %  
Rychlost vozidla: 0 km/h  
Teplota chladicí kapaliny: 90 °C  
Teplota nasávaného vzduchu: 48 °C  
Tlak okolního vzduchu: 980 mbar  
Napětí svorky 30: 12.246 V  
Čítač zapomenutí po OBD: 40  
Provozní stav motoru: IS  
STATE\_LS\_SAE[1]: CL  
T\_AST\_SAE: 80 s  
MAP\_MES\_SAE: 25 kPa  
Napětí sondy lambda 1: řada válců 1 (širokopásmová sonda): 1.978 V  
FAC\_TPS\_1\_SAE: 11.718750 %  
FUP\_H\_SAE: 8610.0 kPa

17178 - ESP  
U0416 00 [039] - neplatný signál  
Nepotvrzeno - Testováno od smazání paměti  
info o závadě:  
Stav závad: 00000001  
Priorita závad: 6  
Frekvence závad: 1  
Kilometry: 50362 km  
Datum: 2021.04.01  
Čas: 18:13:33

Otáčky motoru: 0.00 /min  
Normovaná hodnota zátěže: 0.0 %  
Rychlost vozidla: 0 km/h  
Teplota chladicí kapaliny: 94 °C  
Teplota nasávaného vzduchu: 49 °C  
Tlak okolního vzduchu: 980 mbar  
Napětí svorky 30: 11.894 V  
Čítač zapomenutí po OBD: 40

Koordinátor hnacího ústrojí: chybové stavy ACC-ACC aktivní navzdory zpoždění EPB: ne  
Koordinátor hnacího ústrojí: chybové stavy ACC-ACC aktivní: ačkoli TSK pasivní: ne  
Koordinátor hnacího ústrojí: chybové stavy ACC-přání na rozjezd nebo zastavení u rychlosti zastavení není dáno: ne  
Koordinátor hnacího ústrojí: chybové stavy ACC-požadavek rozjezdu a zastavení se odesílají současně: ne  
Koordinátor hnacího ústrojí: chybové stavy ACC-ACC aktivní: ačkoli omezovač je aktivní: ne  
Koordinátor hnacího ústrojí: chybové stavy ACC-ACC se po zablokování reaktivuje: ne  
Koordinátor hnacího ústrojí: chybové stavy ACC-ACC odesílá nedefinované signály: ne  
Koordinátor hnacího ústrojí: chybové stavy ACC-ACC aktivní: ačkoli hlavní spínač vypnutý: ne  
Koordinátor hnacího ústrojí: chybové stavy ACC-ACC aktivní navzdory brzdění řidiče: ne  
Koordinátor hnacího ústrojí: chybové stavy ACC-ACC je aktivní navzdory pasivnímu klíčování ESP/ASR: ne  
Koordinátor hnacího ústrojí: chybové stavy brzd-regulátor zpomalení nedostupný: ne  
Koordinátor hnacího ústrojí: chybové stavy brzd-závada regulátoru zpomalení: ne  
Koordinátor hnacího ústrojí: chybové stavy brzd-chyba systému ESP: ne  
Koordinátor hnacího ústrojí: chybové stavy brzd-ESP: chyba systému kvůli nepřesnosti momentů motoru: ne  
Koordinátor hnacího ústrojí: chybové stavy brzd-ESP hlásí chybu konzistence odezvy TSK: ne  
Koordinátor hnacího ústrojí: chybové stavy brzd-TSK/ESP: chyba součinnosti: ne  
Koordinátor hnacího ústrojí: chybové stavy brzd-ESP: nucené přepnutí chybné: ne  
Koordinátor hnacího ústrojí: chybové stavy brzd-brzdové světlo neplatné: ne

Obr. 21 Výpis chyb ze sériové diagnostiky

## 5 VÝPIS SNÍMAČŮ, ČIDEL POŽADOVANÝCH HODNOT A AKČNÍCH ČLENŮ

### 5.1 Seznam vyvedených snímačů a čidel požadovaných hodnot

Tab. 2 Seznám vyvedených snímačů a čidel požadovaných hodnot

Číslo	Název snímače	Pin out	Popis	Rozdělení
1	Snímač klepání	1. + 2. GND	Piezokeramický snímač měřící vibrace motoru	Snímače motoru
2	Snímač otáček motoru	1. +5 V 2. S 3. GND	Hallův snímač, udává počet otáček klikové hřídele	
3.1, 3.2	Snímač polohy vačkové hřídele 2x	1. +5 V 2. S 3. GND	Hallův snímač, udává polohu vačkových hřídelí	
4	Snímač vysokého tlaku paliva	1. S 2. + 3. GND	Snímá vysoký tlak v railu	
5	Snímač teploty chladící kapaliny	1. + 2. GND	Snímá teplotu chladící kapaliny	
6	Snímač stavu, teploty a množství oleje	1. + 2. S 3. GND	Udává množství a teplotu motorového oleje	
7	Snímač plnicího tlaku se snímačem teploty, před škrtkící klapkou	1. GND 2. S (teplota) 3. +5 V 4. S1 (tlak)	Snímač tlaku a teploty vzduchu před škrtkící klapkou	Snímače sacího okruhu
8	Snímač tlaku nasávaného vzduchu se snímačem teploty za škrtkící klapkou	1. GND 2. S (teplota) 3. +5 V 4. S1 (tlak)	Snímač tlaku a teploty vzduchu za škrtkící klapkou	
9	Snímač úhlu natočení klapky sání	1. + 2. S 3. GND	Potenciometr pro polohu klapky v sacím potrubí	

<b>10</b>	Snímač škrticí klapky	1. S 2. +5 V 3. GND (motor) 4. S1 5. + (motor) 6. GND	Snímá polohu škrticí klapky	
<b>11</b>	Snímač teploty před DPF	1. S 2. GND 3. +5 V	Snímá teplotu zplodin před filtrem pevných částic	Snímače výfukových plynů
<b>12</b>	Snímač teploty za DPF	1. S 2. GND 3. +5 V	Snímá teplotu zplodin za filtrem pevných částic	
<b>13</b>	Lambda sonda před katalyzátorem (širokopásmová)	1. S (R Trimm) 2. S1 (I Pump) 3. GND (vyhřívání) 4. S2 (Mess) 5. + (vyhřívání) 6. GND	Snímá hodnotu lambda ve výfukovém potrubí	
<b>14</b>	Lambda sonda za katalyzátorem (dvoubodová)	1. + (vyhřívání) 2. GND (vyhřívání) 3. GND 4. S	Kontrolní sonda, udává údaje o stavu katalyzátoru	
<b>15</b>	Snímač tlaku výfukových plynů	1. S 2. GND 3. +5 V	Snímá tlak výfukových plynů	



## 5.2 Seznam vyvedených akčních členů

Tab. 3 Seznám vyvedených akčních členů

Číslo	Název akčního členu	Pin out	Popis
16.1, 16.2, 16.3, 16.4	FSI vstřikovače 4x	1. + 2. GND	Elektromagnetické vstřikovací ventily paliva
17.1, 17.2, 17.3, 17.4	Zapalovací cívky 4x	1. GND 2. S 3. GND 4. +	Zapalovací moduly
18.1, 18.2	Přestavovací prvek pro přestavování výfukové vačkové hřídele pro první válec 2x	1. + 2. GND	AVS systém pro proměnný zdvih ventilů výfukové vačkové hřídele
19	Ventil nastavení vačkové hřídele sání	1. GND 2. +	Ventil mění vzájemné úhlové polohy vačkových hřídelí
20	Ventil nastavení vačkové hřídele výfuku	1. GND 2. +	Ventil mění vzájemné úhlové polohy vačkových hřídelí
21	Regulační ventil tlaku paliva	1. GND 2. +	Ventil reguluje tlak paliva
22	Ventil pro klapky v sacím potrubí	1. GND 2. +	Ventil natáčí klapky v sacím potrubí
23	Cirkulační ventil turbodmýhadla	1. GND 2. +	Ventil pro cirkulaci vzduchu v turbodmýhadlu
24	Nastavovač obtoku	1. + (motor) 2. GND (motor) 3. GND 4. S 5. +	Regulátor tlaku turbodmýhadla

## 6 PROMĚŘENÍ DOSTUPNÝCH SNÍMAČŮ, AKČNÍCH ČLENŮ A ČIDEL POŽADOVANÝCH HODNOT

V této kapitole bude na základě naměřených průběhů provedena jejich analýza, popis vlastností, principu a funkčnosti konkrétních snímačů, akčních členů a čidel požadovaných hodnot.

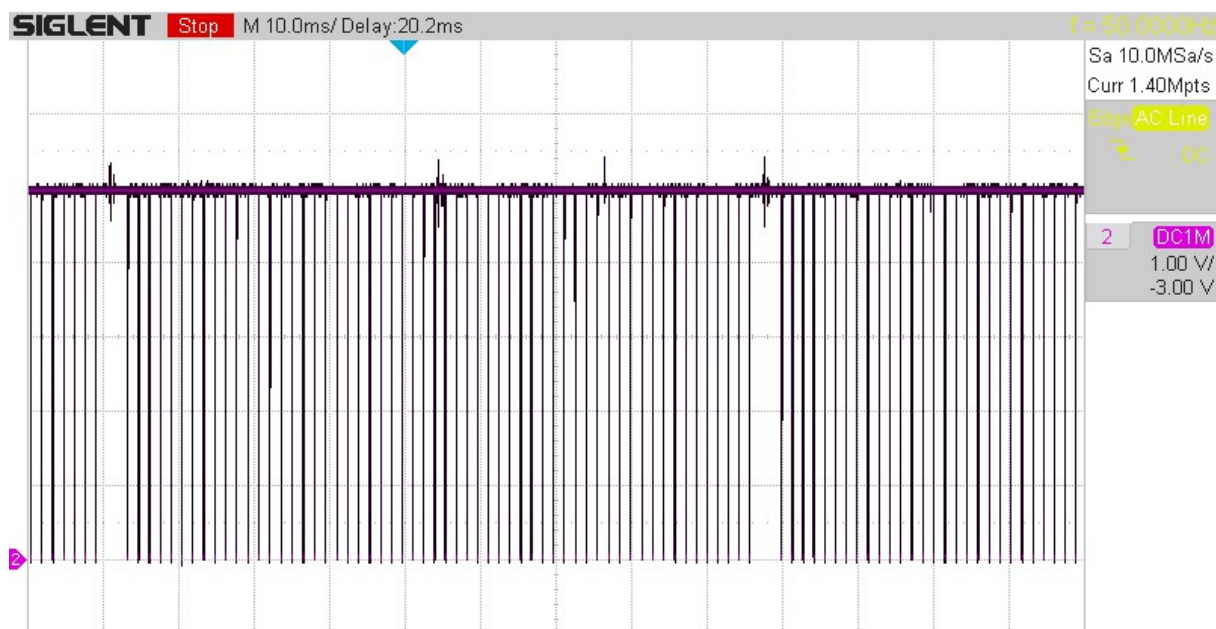
Průběhy a naměřené hodnoty byly pořízeny digitálním osciloskopem SIGLENT SDS 1104X-E, pomaloběžným osciloskopem Bosch FSA 740, multimetrem FLUKE 110 a sériovou diagnostikou VCDS.

### 6.1 Snímač klepání

Byla ověřena funkčnost snímače klepání, avšak v laboratorních podmínkách by bylo možné takto kultivovaný motor přimět vibracím jedině na dynamometru s odpojeným snímačem, vysokým zatížením a vysokých otáčkách. Z tohoto důvodu byl do měřicího boxu instalován spínač snímače klepání. Spínač je zapojen tak, že rozpojuje vedení od snímače k řídicí jednotce. Pokud tedy bude spínač rozpojen bude možné do měřících zdířek připojit zdroj napětí a budeme mít možnost sledovat jak se motor chová, když do jednotky posíláme dané hodnoty napětí, které představují hodnoty klepání motoru.

### 6.2 Hallův snímač otáček motoru a polohy vačkových hřídeli

V daném motoru je Hallův snímač využíván k určení otáček klikové hřídele a polohy obou vačkových hřídeli. Princip funkčnosti Hallového snímače byl popsán v příslušné kapitole.



Obr. 22 Průběh napětí snímače otáček klikové hřídele

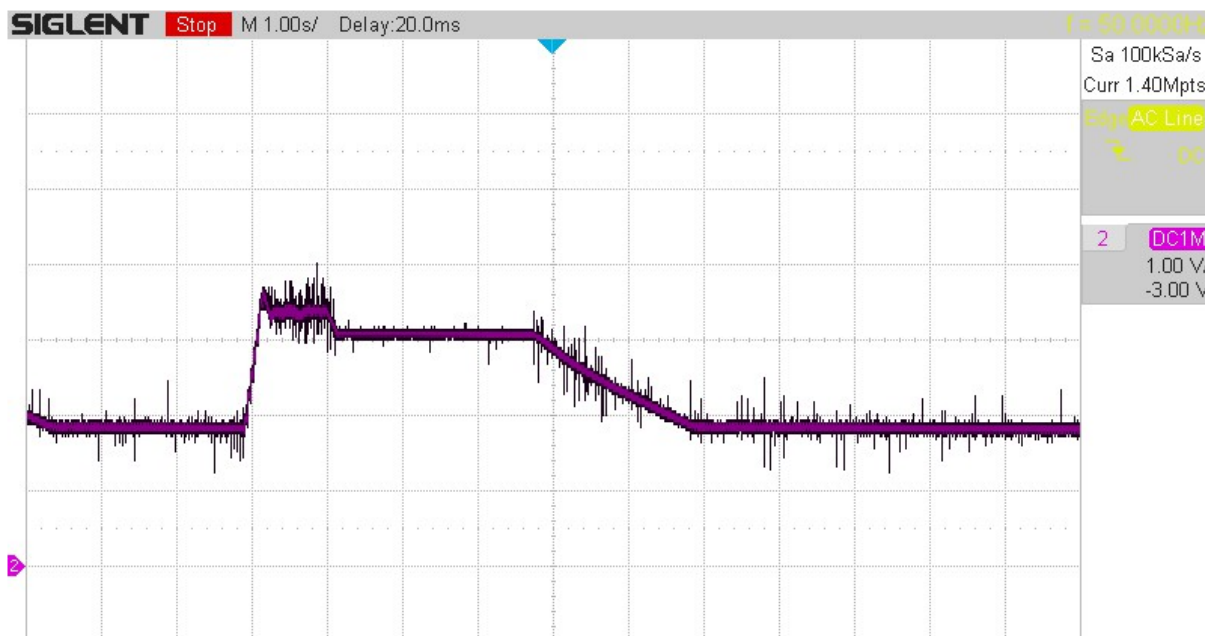
Konkrétní Hallovy snímače mají 5 V napájecí napětí. Sériovou diagnostikou byla zaznamenána aktuální hodnota otáček motoru a sice 690 ot/min (volnoběžné otáčky). Při zvyšování otáček motoru se zvyšuje frekvence. Výstupní napětí není tedy závislé na rychlosti otáček. Ozubené kolo má celkem 60 zubů.

### Výpočet otáček:

Perioda jednoho oběhu kola  $T = 0,087 \text{ s} \Rightarrow$  otáčky  $n = 1/T \cdot 60 = 1/0,087 \cdot 60 = 689,65 \text{ ot/min}$

## 6.3 Snímač vysokého tlaku paliva

Princip funkce tohoto snímače je opět popsán v příslušné kapitole.

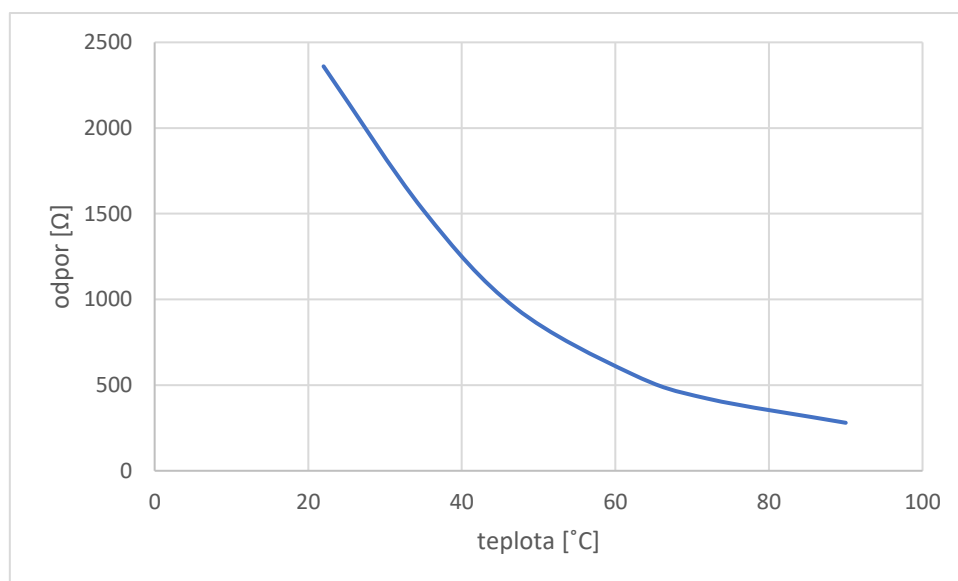


Obr. 23 Průběh napětí snímače vysokého tlaku paliva

Snímač má 5 V napájecí napětí. Průběh začíná na 690 ot/min (volnoběžné otáčky), tato hodnota odpovídá 1,8 V tlak paliva je v tomto momentu 89,6 barů. Poté byly otáčky zvednuty na 3600 ot/min napětí skokově vzrostlo na 3,5 V, přičemž tlak paliva byl v tomto momentu 199,8 barů. Následně se tlak paliva vrátil pozvolná zpět na hodnotu 89,6 barů. Z průběhu se bohužel nepodařilo vyfiltrovat nežádoucí šum.

## 6.4 Snímač teploty motoru

V pouzdře snímače je zabudován teplotně závislý rezistor z polovodičového materiálu. Tento rezistor má buď záporný teplotní koeficient (NTC) nebo kladný teplotní koeficient (PTC).

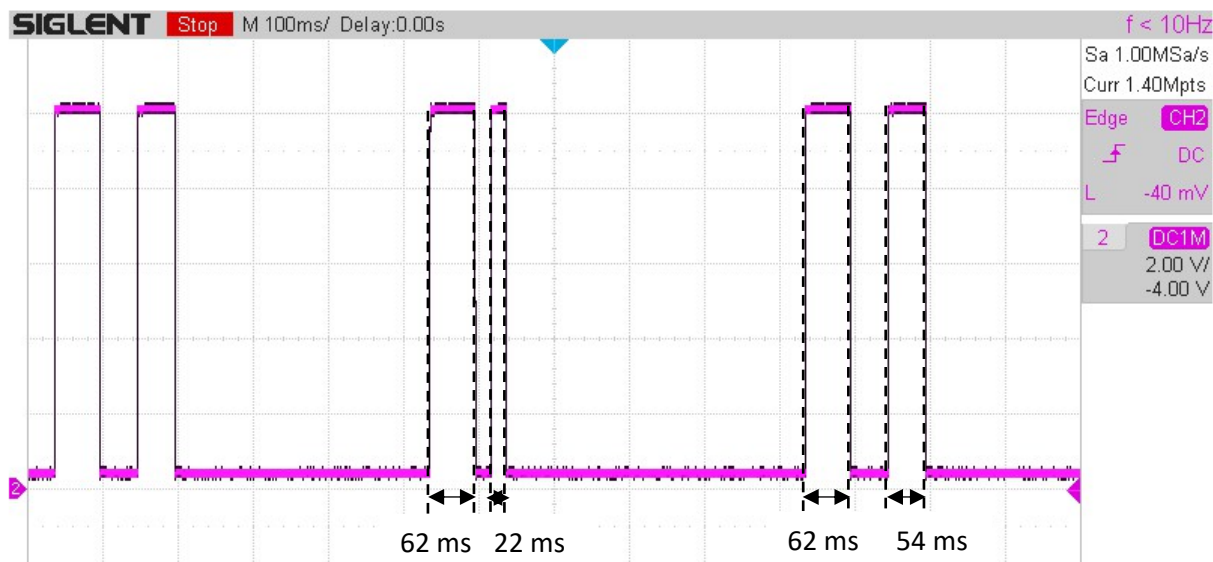


Obr. 24 Převodní charakteristika NTC snímače teploty

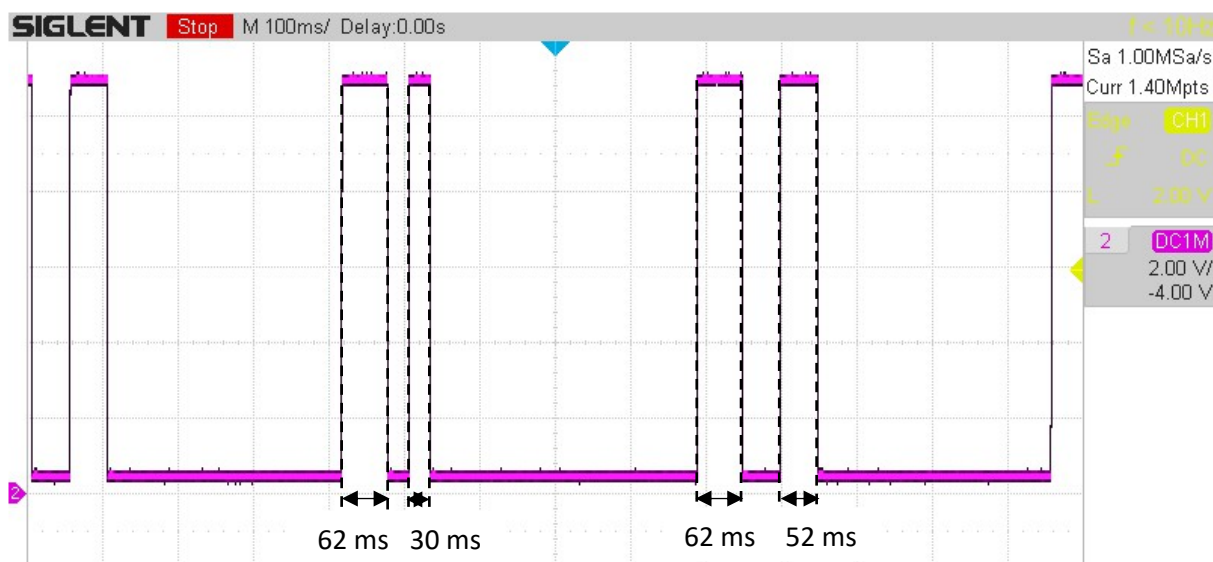
Při měření teplotního snímače bylo nutné rozepnout spínač S2, pokud by spínač nebyl rozpojen odpor v měřicích zdírkách by ovlivňoval odpor řídicí jednotky. Z průběhu je patrné že odpor s rostoucí teplotou klesá. Jedná se tedy o NTC (Negative Temperature Koeficient) snímač.

## 6.5 Snímač stavu, teploty a množství oleje

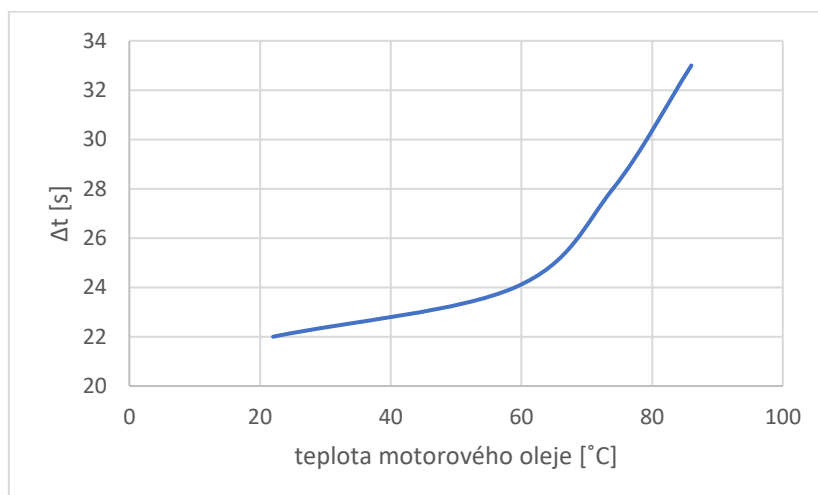
Snímač stavu, teploty a množství oleje pracuje na principu pulzně šířkové modulace PWM (Pulse Width Modulation). PWM je signál s konstantní periodou, kde se mění poměr délky impulzů jedné periody, jinak řečeno se mění pouze střída.



Obr. 25 Průběh napětí na snímači hladiny a teploty oleje za studena



Obr. 26 Průběh napětí na snímači hladiny a teploty oleje za tepla

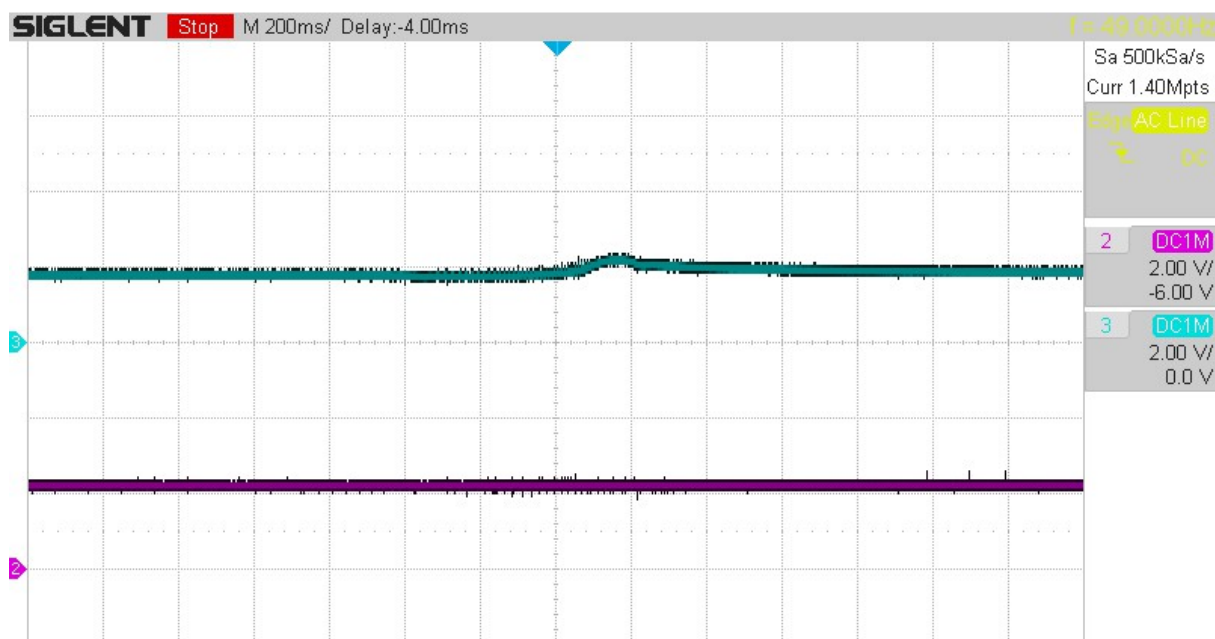


Obr. 27 Převodní charakteristika snímače teploty oleje

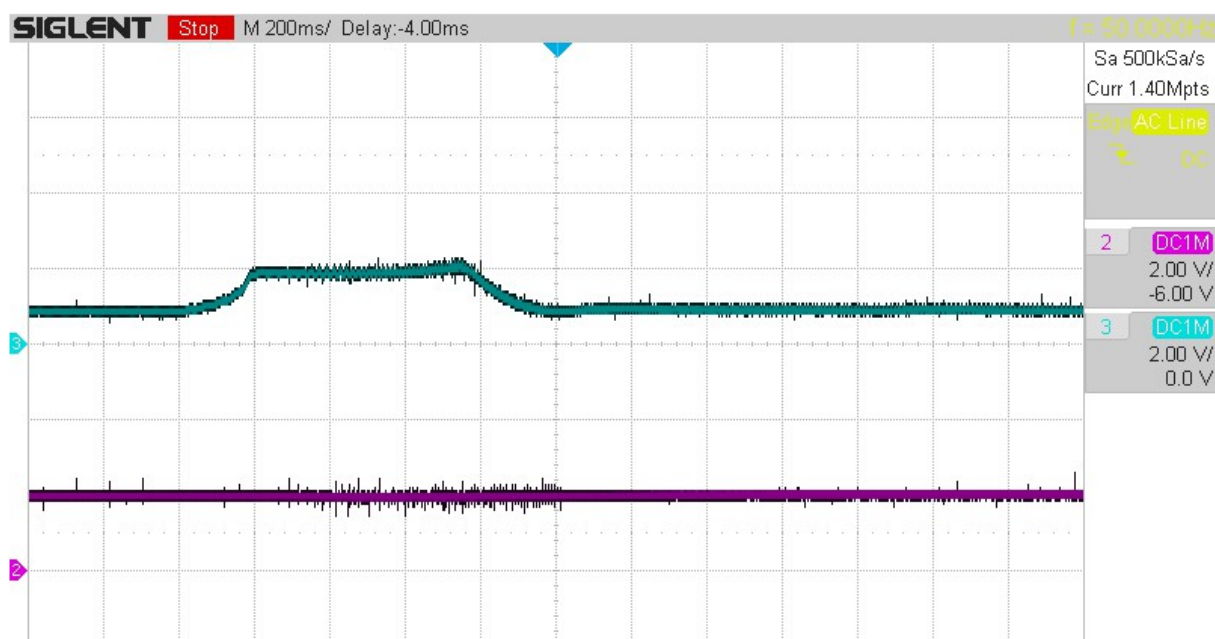
Na obr. 25 byla sériovou diagnostikou zjištěna teplota oleje 22 °C a výška hladiny oleje byla 82 mm. Na obr. 26 bylo vozidlo zahřáto teplota oleje byla 74 °C a výška hladiny oleje byla 78 mm. Z převodní charakteristiky na obr. 27 jde vidět, že teplota oleje roste nelineárně. Hladina oleje je vyšší při studeném motoru, protože všechn olej je stečený v olejové vaně. Po nastartování olejové čerpadlo prohání olej motorem, proto hladina oleje lehce klesne, než všechn olej opět steče zpět do olejové vany. Snímač teploty oleje se používá při výpočtu intervalu údržby vozidla.

## 6.6 Snímač plnicího tlaku se snímačem teploty, před a za škrticí klapkou

Princip funkce tohoto snímače je opět popsán v příslušné kapitole.



Obr. 28 Snímač plicního tlaku a teploty před škrticí klapkou

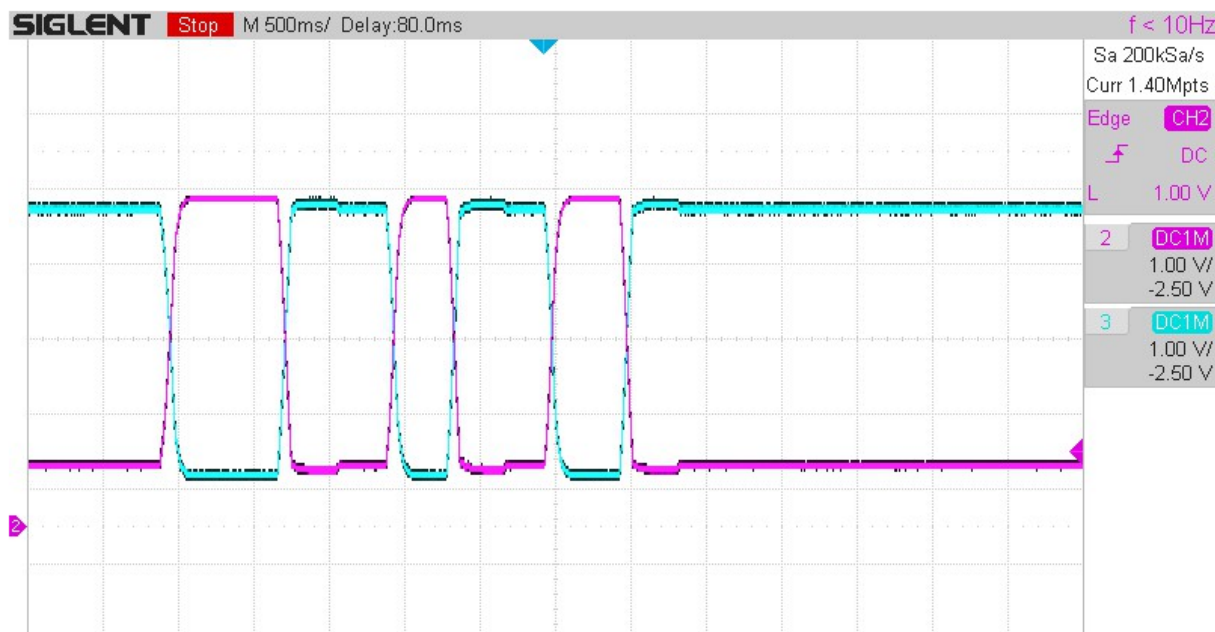


Obr. 29 Snímač plicního tlaku se snímačem teploty za škrticí klapkou

Spodní průběhy (fialové) značí teplotu nasávaného vzduchu, která byla 35°C (2 V), horní průběhy značí plicní tlak vzduchu, ten na volnoběh odpovídá 0,998 bar. Na obr. 28 byl v čase 1,4 s sešlápnut plný plyn škrticí klapka byla v tomto momentě maximálně otevřena (80°) tlak vzduchu se před klapkou téměř nezvedl. Na obr. 29 v čase 0,6 s byl také přidán plný plyn tlak vzrostl až na 1,05 bar, poté se vrátil zpět na původní hodnotu. Toto je způsobeno tím, že klapka funguje jako regulátor, klapka byla plně otevřená snímač před klapkou tedy zachytil pouze minimální změnu tlaku. Snímač pracuje s 5 V napájecím napětím. Dalším měřením bylo zjištěno že maximální plicní tlak při plném zatížení je až 2,5 bar.

## 6.7 Snímač škrticí klapky

Snímač úhlu natočení škrticí klapky pracuje bezkontaktně na principu indukce (dva Hallové snímače). Zjišťuje, v jaké poloze se nachází škrticí klapka a přes vyhodnocovací logiku posílá údaje do řídicí jednotky motoru.



Obr. 30 Průběh napětí na snímači polohy škrticí klapky

V tomto průběhu byl postupně třikrát sešlápnut plyný plyn. Maximální otevření škrticí klapky bylo  $80^\circ$  a minimální  $6,3^\circ$ . Z průběhu lze vidět, že když napětí na jednom snímači roste druhé naopak klesá, toto je z důvodu bezpečnosti, protože škrticí klapka je prvek, který přímo ovlivňuje výkon motoru. V případě poruchy obou snímačů nebo poruše kabeláže se škrticí klapka nastaví pomocí pružiny do polohy, která umožní nouzový chod motoru. Snímač pracuje na 5 V napájecím napětí a stejnosměrný motor, který natáčí klapkou, pracuje na síťovém napětí 14,7 V.

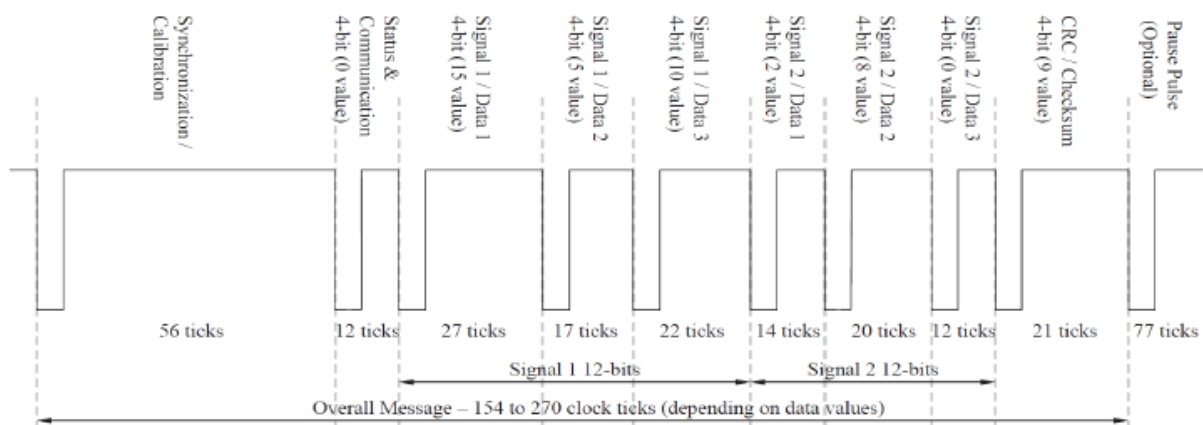
## 6.8 Snímač teploty výfukových plynů před a za DPF, snímač tlaku výfukových plynů

Snímač teploty výfukových plynů a snímač tlaku výfukových plynů komunikují přes SENT rozhraní. SENT (Single Enged Nibble Transmission) našel uplatnění v automobilovém průmyslu díky své jednoduchosti na implementaci, dostatečné přenosové rychlosti a minimálním implementačním nákladům. Ve svém principu se jedná o značně atypickou komunikaci. Přenos dat se provádí po tzv. nibblech. Nibble je polovina bajtu, respektive čtyři bity. Dalším specifikem tohoto typu komunikace je to, že se mění přenosová rychlost v závislosti na předešlých datech. K tomu dochází jelikož hodnota v nibblu je reprezentovaná délkou jeho trvání.

### Základní technické parametry:

- třívodičové připojení senzoru – Vcc, GND, SENT,
- datová linka na 5 V logice,
- přenosová rychlost dle hodnoty „tick time“ a obsahu dat v rámci,
- jedná se o rozhraní, tedy komunikace pouze dvou zařízení.





Obr. 31 Příklad možného rámce přenášeného přes rozhraní SENT

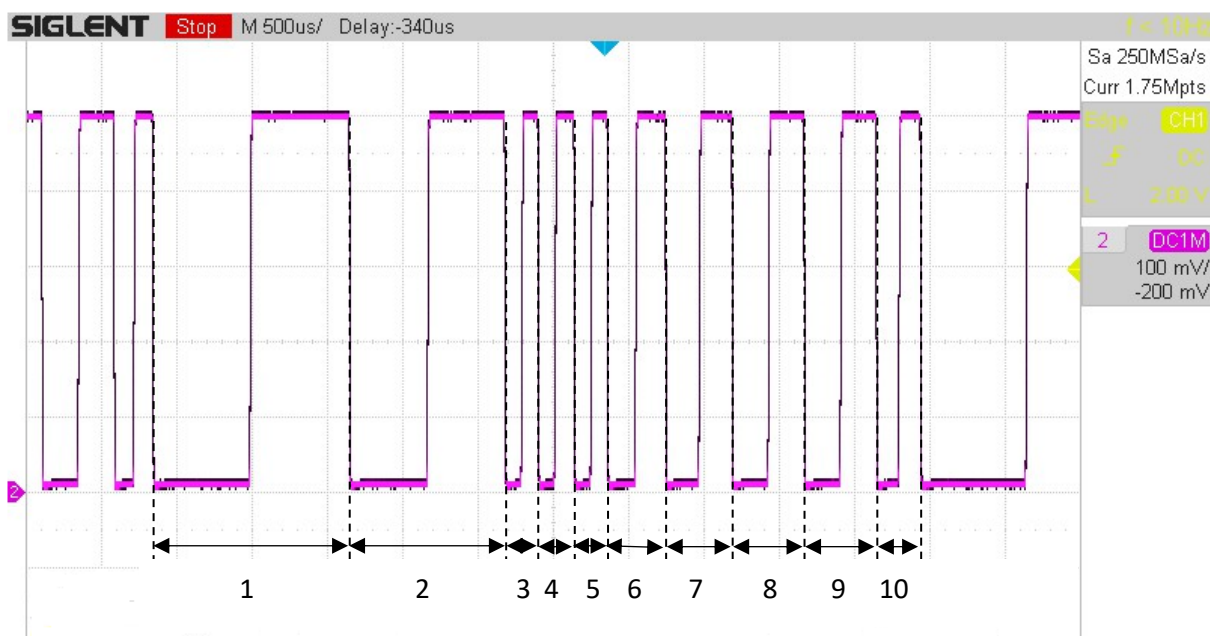
**Synchronizační/kalibrační část** – jedná se o část zprávy, která zajišťuje synchronizaci odchylek mezi taktem vysílače a přijímače. Celková délka vždy 56 ticků.

**Status a Komunikace** – jedná se o nibble tedy 12 až 27 ticků. Obsahuje 2 bity pomalého kanálu a 2 signalizační bity dle aplikace.

**Datové nibbly** – 1 až 6 nibblů obsahující data či signalizaci.

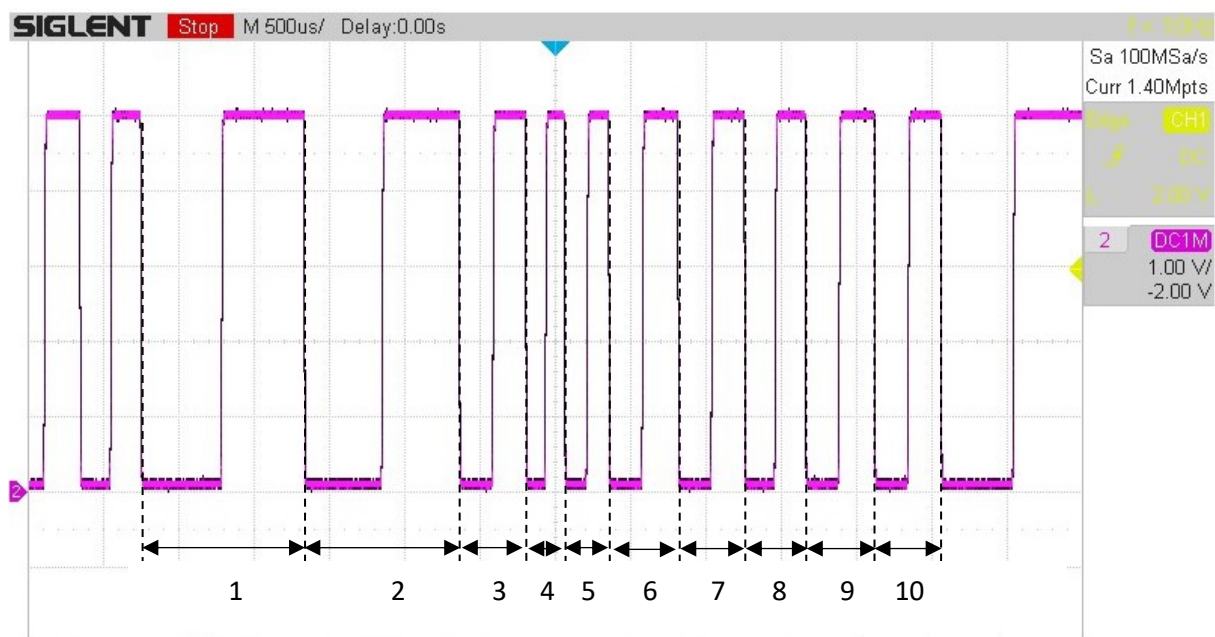
**CRC/kontrolní součet** – dvě možné implementace aktuální doporučená a původní pro zajištění kompatibility.

**Pauza** – volitelně je možné přidávat pauzu, například pro zajištění pevné doby mezi začátky vysílání jednotlivých zpráv. [15]



Obr. 32 Teplota výfukových plynů studeného motoru (22,5 °C)





Obr. 33 Teplota výfukových plynů zahřátého motoru (360 °C)

Tab. 4 Odečtené hodnoty času SENT protokolu pro snímač teploty výfukových plynů

	Označení	Změřený čas [μs] pro teplotu 22 °C	Změřený čas [μs] pro teplotu 360 °C
1	Pauza	1430	1440
2	Synchronizační pulz	1008	1008
3	Status pulz	370	310
4	Data1	240	250
5	Data 2	230	230
6	Data3	410	420
7	Data4	430	430
8	Data5	260	340
9	Data6	460	460
10	CRC	290	480

**Výpočet času jednoho ticku:**

$$1008 / 56 = 18 \mu s$$

Bohužel se mi při přepočtu datových nibblů nepodařilo dopočítat správnému výsledku, který by korespondoval s naměřenými teplotami výfukových plynů. V tab. 4 jsou zobrazeny odečtené časy jednotlivých pulzů. Ze synchronizačního pulzu byl vypočten čas jednoho ticku = 18 μs.



Obr. 34 Snímač tlaku výfukových plynů

## 6.9 Širokopásmová a dvoubodová lambda sonda

Při měření dvoubodové lambda sondy (za katalyzátorem) byla ověřená správná funkce vyhřívání. Ovšem článek lambda sondy je vadný, viz. výpis chyb se sériové diagnostiky obr. 21. Bylo provedeno proměření a skutečně sonda negeneruje žádné napětí.

Teoretický rozbor k obou lambda sondám už byl popsán v příslušné kapitole. Širokopásmová lambda sonda jak již z názvu vyplývá, má schopnost měřit složení směsi v širokém pásmu hodnot koeficientu lambda. Konstrukce této lambdy je složitější než u dvoubodové, nestačí jen Nernstovy měřicí článek, ale je zapotřebí ještě tzv. čerpací článek. Základní princip je tzv. vyvažování kyslíku. Množství a směr přečerpávání kyslíku je ovládáno čerpacím proudem z regulačního obvodu v řídicí jednotce motoru v závislosti na množství kyslíku ve spalínách.

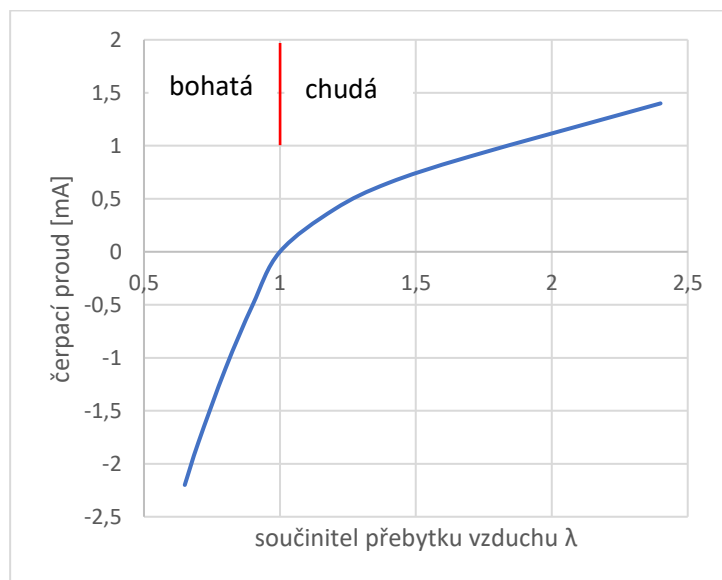


Obr. 35 Vyhřívání širokopásmové lambda sondy



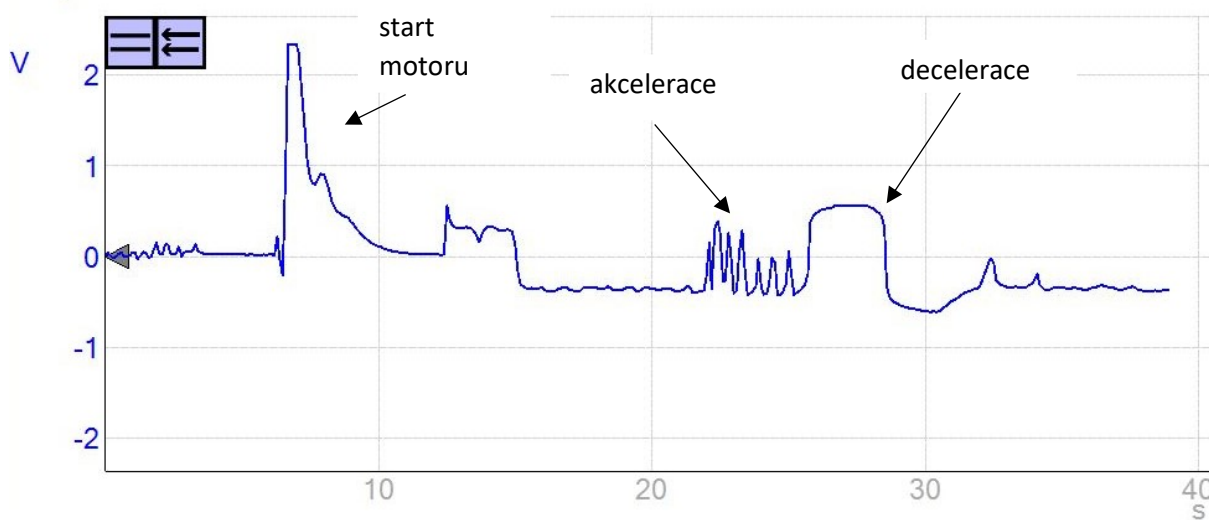
Obr. 36 Detail modulae průběhu vyhřívání širokopásmové lambda sondy

Na obr. 35 byl zaznamenán průběh pomaloběžným osciloskopem. Do času 1,56 mělo vozidlo vypnutý motor, poté byl nastartován. Napětí skokově vzrostlo na cca 12 V. Sonda byla zahřáta za 25 s. Po tomto čase teda začala být lambda regulace aktivní. Topné těleso má vnitřní vyhřívací odporový článek. Těleso je napájeno síťovým napětím a řídicí jednotkou spínané přes GND. Na obr. 36 byla zachycena pomocí digitálního osciloskopu pulzní modulae napětí vyhřívání širokopásmové lambda sondy.



Obr. 37 Závislost čerpacího proudu na součiniteli přebytku vzduchu  $\lambda$

## Napětí CH1



Obr. 38 Dynamické měření širokopásmové lambda regulace

Měření na obr. 38 bylo provedeno mezi GND pinem a pinem pro čerpací proud. Motor byl v dobu měření zahřátý na provozní teplotu (90 °C). Na začátku průběhu byl opět vypnutý motor. Po nastartování lze vidět prudké ochuzení směsi. Poté byl sešlápnut po dobu 4 s plný plyn. Při akcelaci došlo k obohacení směsi. Po dobu decelerace byla směs chudá, následně se směs lehce obohatí. Na konci průběhu v čase cca 35 s lze vidět ustálení lambda regulace na hodnotu -0,45 V kolem této hodnoty neustále osciluje (reguluje).

## 6.10 FSI vstřikovače

Měřené vozidlo má elektromagnetické vstřikovací ventily, které dokážou vstřikovat palivo pod tlakem až 200 bar. Měření bylo prováděné na prvním vstřikovači.



Obr. 39 Průběh napětí na prvním vstřikovači při volnoběhu

Z průběhu napětí na vstřikovači jde vidět, že se nejdříve zvedne napětí na 63,3 V toto je kvůli rychlejšímu otevření vstřikovače. Potom následuje samotný vstřik paliva, který trvá pouze 0,3 ms. Stačí

takto krátká doba, protože palivo je vstřikováno pod velkým tlakem. Záporná špička je způsobená vlivem elektromagnetické indukce. Vstřikovač je napájen síťovým napětím a spínáním GND řídicí jednotkou dochází k otevírání vstřikovače. Měření bylo prováděno při volnoběžných otáčkách motoru.

## 6.11 Zapalovací cívky

Vozidlo využívá pro každý válec samostatný zapalovací modul, tzn. že každá svíčka má svůj zapalovací cívk. Měření bylo prováděno na prvním válci.



Obr. 40 Průběh řídicího napětí na první zapalovací cívce

Na obr. 40 je průběh řídicího napětí. Toto napětí má velikost 5 V. Z průběhu byla odečtena perioda  $T = 171 \text{ ms}$ , z toho potom frekvence pulzu řídicího napětí  $f = 5,85 \text{ Hz}$ . Tato frekvence byla při volnoběhu, se změnou otáček motoru a časováním motoru se bude frekvence měnit.

U-sekundár: 1. válec



Obr. 41 Průběh vysokého napětí zapalovací cívky na prvním válci

Na obr. 41 byl změřen průběh vysokého napětí na zapalovací cívce. Velikost napětí je pouze orientační, ovšem tvar průběhu odpovídá.

## 6.12 AVS přestavovací prvek pro přestavování výfukové vačkové hřídele

AVS ventily jsou elektromagnetické ventily, které mění zdvih výfukových ventilů. Ventily mají pouze dva stavy – otevřeny a zavřeny. Na každý válec připadají dva elektromagnetické ventily pro změnu zdvihu ventilů jeden posune vačkovou hřídel na plné otevření ventilu a druhý elektromagnetický ventil vrací vačkovou hřídel zpět na standardní zdvih ventilu. Při testu na dynamometru bylo zkoumáno chování AVS ventilu pomocí sériové diagnostiky. Bohužel se nepodařilo vypořádat v jakém stavu jsou tyto ventily aktivní.

## 6.13 Ventily nastavení sací a výfukové vačkové hřídele

Nastavovací ventily sací i výfukové vačkové hřídele jsou řízené PWM signálem. Mění se tedy pouze střída signálu.



Obr. 42 Průběh napětí na ventilu nastavení sací vačkové hřídele

Průběh na obr. 42 byl pořízen při volnoběžných otáčkách, při těchto otáčkách byla střída signálu 13,8 %. Z rostoucími otáčkami střída roste. Při otáčkách 3500 ot/min byla střída signálu 42,9 %.

### Výpočet střídy při volnoběhu:

Délka pulzu = 0,9 ms,  $T = 6,5$  ms

Střída =  $0,9/6,5 = 0,138 \rightarrow 13,8 \%$

## 6.14 Regulační ventil tlaku paliva

Regulační ventil tlaku paliva je řízen PWM, perioda je tedy stejná mění se pouze střída.



Obr. 43 Průběh regulace tlaku paliva

Průběh na obr. 43 byl pořízen při volnoběžných otáčkách, při těchto otáčkách regulační ventil reguloval tlak paliva na 90 bar. Sériovou diagnostikou byla v měřených hodnotách zaznamenána střída 27,7 %.

#### Výpočet střidy:

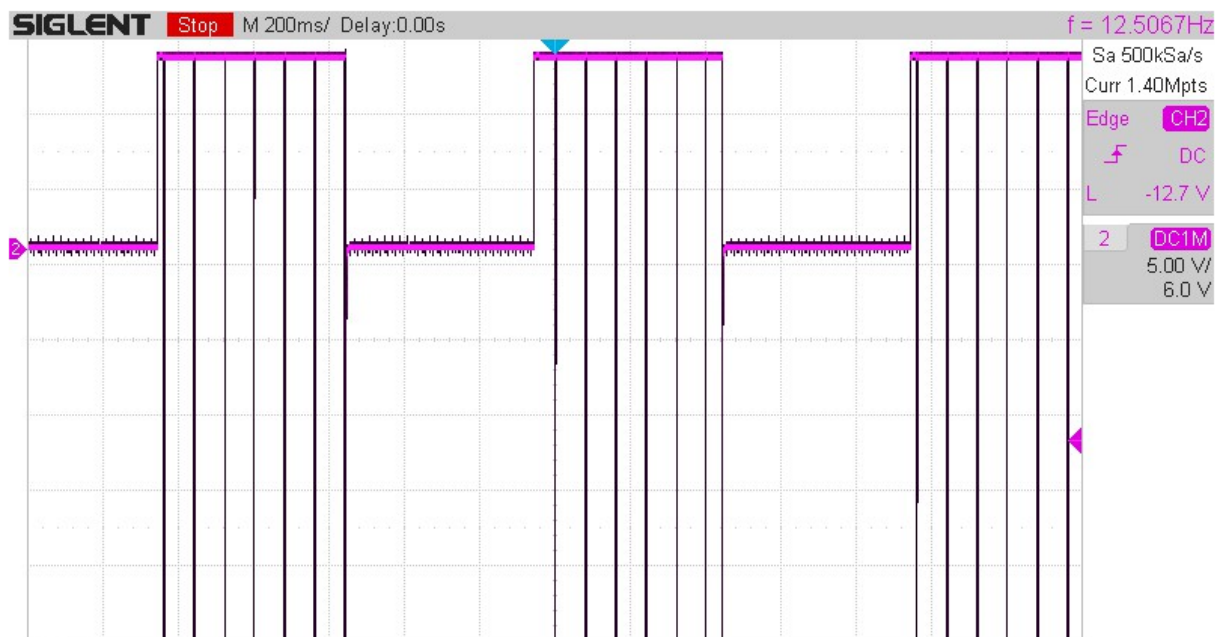
Délka pulzu = 6,5 ms, T = 23 ms

Střída =  $6,5/23 = 0,28 \rightarrow 28 \%$

### 6.15 Ventil pro klapky v sacím potrubí

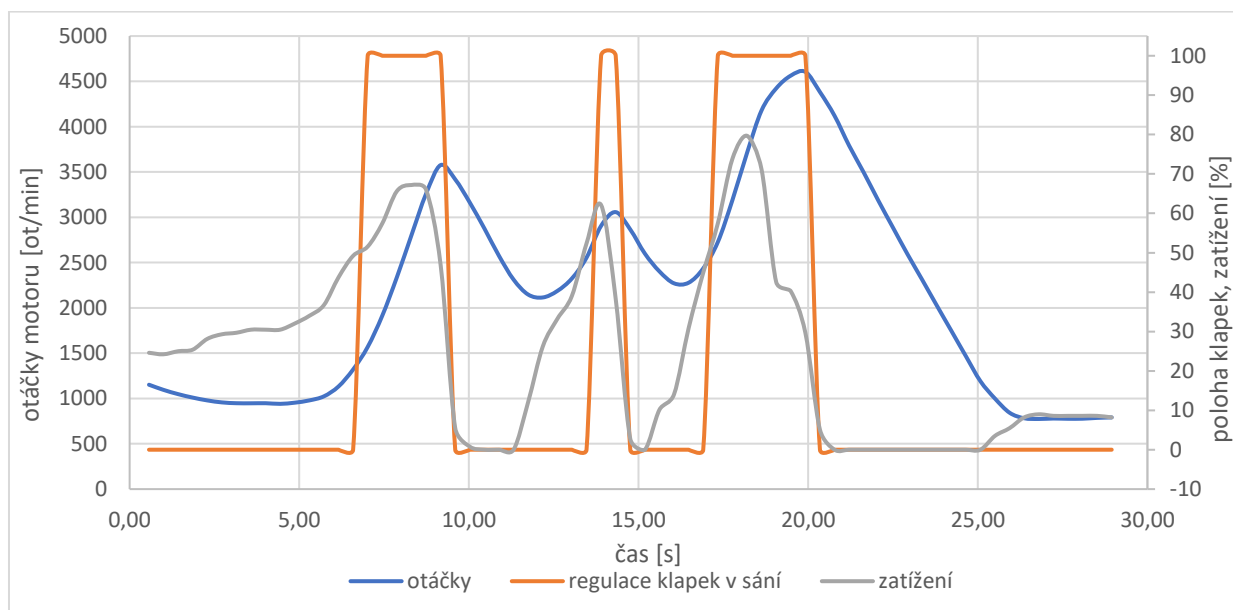
Regulace klapek v sacím potrubí je prováděna podtlakovým ventilem. Otevřením klapek se zvýší množství proudící vzduchu, což má za následek zvýšení výkonu motoru.





Obr. 44 Průběh napětí na ventilu klapky v sacím potrubí

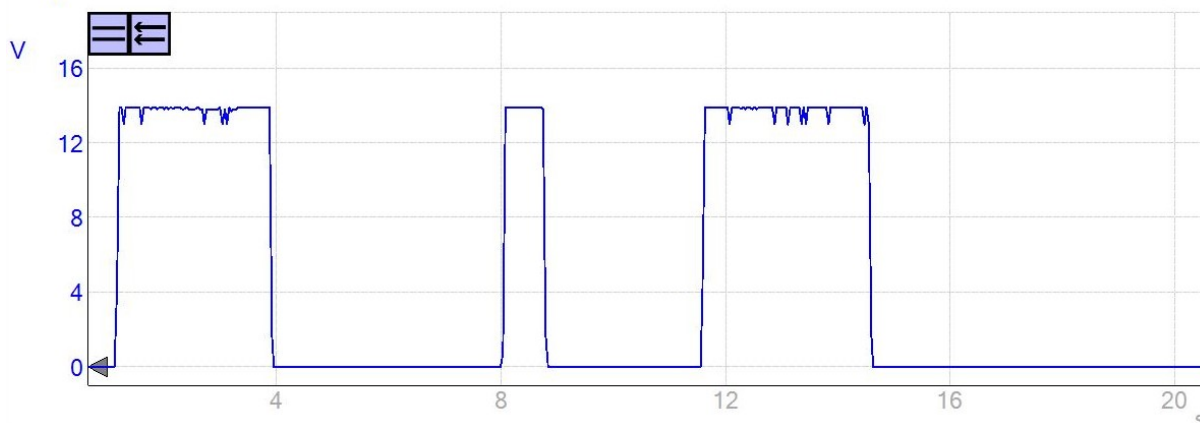
Klapky mají pouze dvě polohy 0 % nebo 100 %. Průběh na obr. 44 byl pořízen zpuštěním akčního členu sériovou diagnostikou. Frekvence pulzu na obr. 44 je frekvence spouštění akčního členu. Z průběhu se bohužel nepodařilo vyfiltrovat nežádoucí šum.



Obr. 45 Průběh regulačního napětí klapky v sání, v závislosti na otáček motoru a zatížení



## Napětí CH1



Obr. 46 Průběh napětí regulace klapky v saní z osciloskopu Bosch FSA 740

Z průběhu na obr. 45 je patrné, že klapky v sacím potrubí jsou aktivní pouze při prudkém nárustu zatížení nebo při prudkém zvýšení otáček. Tomuto výsledku bylo zjištěno na základě testu na válcové zkušebně, kde byla funkce klapky důkladně zkoumána. Průběh na obr. 45 je pořízen pomocí logu ze sériové diagnostiky a průběh na obr. 46 je pořízen pomocí měřicích zdírek na měřicím terminálu. Tento průběh byl měřen pomaloběžným osciloskopem Bosch FSA 740.

## 6.16 Cirkulační ventil turbodmychadla

Cirkulační ventil je ventil uvolňující tlak v turbodmychadle. Jeho účelem je zamezit vysokému tlaku mezi turbodmychadlem a škrtkicí klapkou a snižuje tak opotřebení motoru a turbodmychadla. Cirkulační ventil pomáhá vyprázdnit prostor mezi turbodmychadlem a škrtkicí klapkou tím, že stlačený vzduch přepouští zpět do nízkotlaké části sacího okruhu.

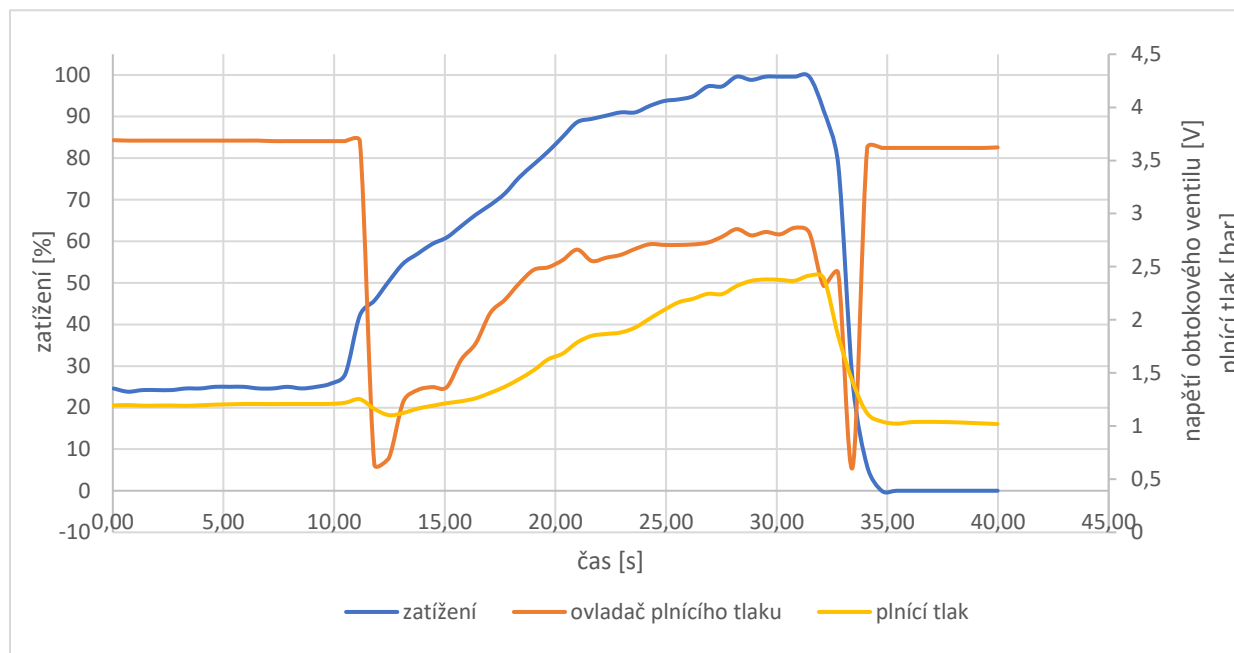


Obr. 47 Průběh napětí na cirkulačním ventilu turbodmychadla

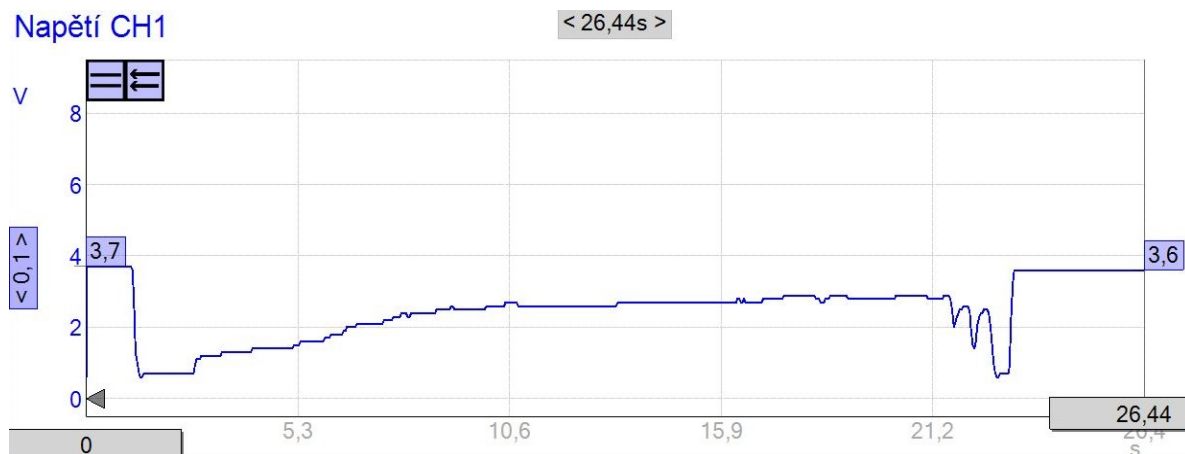
Ověření funkce cirkulačního ventilu byla provedena spuštěním akčního členu pomocí sériové diagnostiky. Ventil má pouze dva stavy – otevřený a zavřený. Ventil je napájen síťovým napětím a spínáním GND řídicí jednotkou dochází k otevírání a zavírání ventilu. Frekvence pulzu na obr. 47 je opět frekvence spuštění akčního členu.

## 6.17 Nastavovač obtoku turbodmychadla

Obtokový ventil (westgate) funguje na podobném principu jako škrticí klapka. Snímač úhlu natočení klapky pracuje bezkontaktně na principu indukce. Klapku natáčí stejnosměrný motor, který pracuje na síťovém napětí (14,7 V). Hlavní funkcí obtokového ventilu je regulace maximálního plnicího tlaku, který u měřeného vozidla dosahoval až 2,5 bar



Obr. 48 Průběh napětí a tlaku na obtokovém ventilu v závislosti na zatížení motoru



Obr. 49 Průběh napětí na obtokovém ventilu z osciloskopu Bosch FSA 740

V tomto případě bylo potřeba funkci westgatu ověřit na válcové zkušebně. Měření bylo prováděno při konstantních otáčkách cca 3690 ot/min. Z průběhu na obr. 48 je patrné, že s rostoucím zatížením roste napětí na obtokovém ventilu, tím pádem roste také plnicí tlak. Při maximálním zatížení 99,6 % bylo napětí na ventilu 2,9 V a plnicí tlak byl v tomto momentu 2,5 bar. Obr. 48 byl pořízen pomocí logu ze sériové diagnostiky. Obr. 49 byl pořízen osciloskopem Bosch FSA 740 pomocí měřících zdířek na měřicím terminálu.

## 7 ZÁVĚR

V úvodní části této bakalářské práce byl proveden teoretický rozbor elektronického řízení konkrétního zážehového motoru Škoda Octavia RS 245. Byla provedena analýza a popis důležitých procesů, snímačů, akčních členů a čidel požadovaných hodnot.

V dalším bodě zadání byl proveden návrh a následná realizace terminálu pro sběr signálu a řídicích napětí ze snímačů, akčních členů a čidel požadovaných hodnot. Terminál byl umístěn na místo akumulátoru, který byl přesunut do zavazadlového prostoru. Výslednou realizace zástavby měřicího terminálu do testovaného vozidla zobrazuje obr. 18. To že byl terminál do vozidla instalován správně bez jakéhokoli poškození vozidla dokazuje výpis chyb ze sériové diagnostiky obr. 21. Výpis chyb byl stejný před i po zapojení měřicího terminálu.

Následně byla nejdříve ověřena funkčnost všech vyvedených prvků z měřicího terminálu. Poté byla provedena důkladná analýza a popis doložených průběhů ze snímačů, akčních členů a čidel požadovaných hodnot. Případně byly také doloženy převodní a přechodové charakteristiky. Měření bylo prováděno pomocí osciloskopu SIGLENT SDS1104X-E, Bosch FSA 740. Dále byla velice často používána sériová diagnostika VCDS.

Posledním bodem bakalářské práce bylo vytvoření vzorové laboratorní úlohy s využitím měřicího terminálu. Obsahem úlohy je měření teplotního snímače motoru a analýza širokopásmové lambda sondy. Věřím, že měřicí terminál najde i další uplatnění při výuce předmětu Automobilová elektronika 1 a 2.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠKODA OCTAVIA RS 245. *Skoda-storyboard* [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://cdn.skoda-storyboard.com/2017/06/TD-OCTAVIA-RS-245-cz.pdf>
- [2] Self Study Program 82 – Snímače ve vozech Škoda – hnací ústrojí
- [3] Hallův jev. Fyzika.jreichl [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/294-halluv-jev>
- [4] Kyslíkový senzor /lambda sonda/. *Subarudobrany* [online]. [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <http://www.subarudobrany.cz/technika/lambda.html>
- [5] Bosch LSU 4.9 is superior to LSU 4.2 sensors. *Ecotron* [online]. [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: [https://www.ecotrons.com/accurate\\_lambda\\_meter/bosch\\_lsu\\_49\\_is\\_superior\\_to\\_lsu\\_42\\_sensors/](https://www.ecotrons.com/accurate_lambda_meter/bosch_lsu_49_is_superior_to_lsu_42_sensors/)
- [6] T 6 Elektrické zapalování. Seřízení a opravy bateriových a magneto-elektrických zapalování. *Publi* [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/160/06.html>
- [7] Self Study Program 99 – Skoda 1.8 TFSI 132kW 2.0 TFSI 162kW EA888
- [8] Teorie. *Flexamiauto* [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.flexamiauto.cz/teorie/>
- [9] FSI (Fuel Stratified Injection). *Autolexicon* [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/fsi-fuel-stratified-injection/>
- [10] Ing. František Vlk, DrSc. *Přímé vstřikování benzínu* [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2004-01-67-71.pdf>
- [11] Princip činnosti – vstřikovače. *Turbo-tec* [online]. [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <http://www.turbo-tec.eu/cz/princip-cinnosti-vstrikovace/>
- [12] Proměnné časování ventilů. *Mehenker* [online]. [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://mehenker.com/cs/content/9-co-to-je-vansovvt>
- [13] Audi Valvelift – Změna zdvihu ventilů. *Automobilrevue* [online]. [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: [https://www.automobilrevue.cz/rubriky/clanky/technika/audi-valvelift-zmena-zdvihu-ventilu\\_38076.html](https://www.automobilrevue.cz/rubriky/clanky/technika/audi-valvelift-zmena-zdvihu-ventilu_38076.html)
- [14] Automobilová diagnostika – druhy zapalování zážehových spalovacích motorů. *Jb-elektronik* [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: [http://www.jb-elektronik.cz/diagnostika-druhy\\_zapalovani.php](http://www.jb-elektronik.cz/diagnostika-druhy_zapalovani.php)
- [15] SKOTNICA, Tomáš. *Simulátor poruchových stavů Automotive senzorů* [online]. Ostrava, 2019 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/136258>. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.

## SEZNAM PŘÍLOH

- I. Laboratorní úloha
- II. Uživatelská příručka k měřicímu terminálu